Léon CAREZ

GÉOLOGIE DES PYRÉNÉES FRANÇAISES

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME DEUXIÈME — MÉMOIRE N° 7

RÉSUMÉ

DE LA

GÉOLOGIE DES PYRÉNÉES FRANÇAISES

PAR

Léon CAREZ

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VIe

—

1912

RÉSUMÉ DE LA GÉOLOGIE DES PYRÉNÉES FRANÇAISES

INTRODUCTION

Les pages qui vont suivre ne contiennent pas en réalité un travail nouveau, mais bien la réunion en un seul ensemble des résumés disséminés dans les six volumes de ma *Géologie des Pyrénées françaises* dont le dernier vient d'être publié. J'ai seulement modifié quelques parties d'après le résultat des observations nouvelles, surtout pour la région occidentale ; la publication du volume qui la concerne remonte, en effet, à neuf années pendant lesquelles de nombreuses recherches ont été effectuées tant par moi-même que par d'autres géologues.

J'ai ajouté les considérations générales qui n'avaient pu trouver place dans les études locales contenues dans les différents volumes.

J'ai suivi le même ordre que dans l'ouvrage que je viens de citer. J'ai débuté par l'étude des divers terrains sédimentaires en commençant par les plus anciens et en indiquant pour chacun d'eux la composition, la faune, la classification et l'étendue géographique. J'ai examiné ensuite les roches éruptives, puis je suis passé à la structure (zones orographiques et géologiques, — axe de la chaîne, — plis, — failles, — charriages, recouvrements et renversements).

Enfin j'ai terminé par un aperçu de l'histoire géologique de la chaîne telle qu'elle résulte des faits actuellement connus : malheureusement le manque de notions précises sur beaucoup de points du versant espagnol empêche souvent de conclure avec certitude.

J'ai banni de ce mémoire toute bibliographie, renvoyant pour ce qui concerne les travaux relatifs à la région considérée à la *Géologie des Pyrénées françaises*, où j'ai donné à cette partie une très grande extension, — extension qui m'a valu d'être vivement critiqué. Malgré ces critiques, je ne regrette pas d'avoir indiqué la part revenant à chacun dans les progrès successifs de la géologie pyrénéenne ; je considère, par un scrupule peut-être exagéré, que c'était là œuvre de justice, nécessaire dans mon travail d'ensemble sur les Pyrénées.

Tel est le plan de la première partie. Dans une seconde partie, j'examinerai les théories proposées par M. Léon Bertrand pour expliquer la structure des Pyrénées, théories tout à fait différentes des miennes, et j'exposerai les raisons qui m'empêchent de me rallier aux idées de notre savant confrère.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — TERRAINS SÉDIMENTAIRES

I. — Groupe primaire

Composition. — Le Primaire des Pyrénées se compose principalement de schistes et de calcaires. Les schistes, très uniformes, occupent des surfaces considérables; il faut y rattacher les gneiss et micaschistes, produits de leur métamorphisme par le granite et accessoirement par les autres roches éruptives. Les gneiss et micaschistes sont particulièrement développés dans le massif du Labourd, aux environs du Pic du Midi d'Ossau, dans les massifs des Trois-Seigneurs et du Saint-Barthélemy, sur la feuille de l'Hospitalet, dans les massifs du Canigou et des Albères.

Les calcaires, qui prennent une certaine importance à la partie moyenne de l'ensemble, sont assez fréquemment amygdalins; lorsqu'ils ont une belle couleur rouge, ils sont désignés sous le nom de *griottes*.

Comme roches moins répandues, il faut citer les phyllades, les grauwackes, les dolomies, les lydiennes (cantonnées à la base du Carbonifère), les grès et poudingues (localisés à la partie supérieure de l'ensemble, dans le Carbonifère et surtout dans le Permien de l'Ouest).

Faune. — Le lecteur qui voudra connaître la liste complète des fossiles signalés à ce jour dans la région pyrénéenne française, devra se reporter aux différents volumes de la *Géologie des Pyrénées françaises*; je ne puis ici que rappeler les principaux d'entre eux en les groupant par régions.

Silurien inférieur. — Aucun fossile de cet âge n'a été recueilli.

Silurien moyen (Ordovicien). — Feuille de Luz : *Asaphus*, *Calymene*, *Orthis Actoniæ* Sow., *Strophomena expansa* Sow., *Echinosphærites* cf. *balticus* Eichw.; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Asaphus*, *Calymene*, *Echinosphærites balticus* Eichw., *Monograptus colonus* Barr.; feuilles de Quillan et Prades : *Asaphus*, *Calymene Tristani* Brongn., *Calymenella*, *Dalmanites*, *Orthis Actoniæ* Sow., *O. calligramma* Dalm., *O. vespertilio* Sow., *Strophomena expansa* Sow., *Echinosphærites balticus* Eichw., *Caryocistites Rouvillei* von Könen.

Silurien supérieur (Gothlandien). — Feuille de Luz : *Orthoceras bohemicum* Barr., *O. pyrenaicum* Leym., *Retiolites Geinitzi* Barr., *Monograptus priodon* Bronn; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Ogygya Edwardsi*, *Trinucleus Goldfussi* Barr., *Orthoceras bohe-*

micum Barr., *O. originale* Barr., *O. pyrenaicum* Leym., *O. styloideum* Barr., *Cardiola interrupta* Broderip, *Monograptus attenuatus* Hopk., *M. Barrandei* Suess, *M. Becki* Barr., *M. priodon* Brongn., *Retiolites Geinitzi* Barr. ; feuille de Foix : *Orthoceras*, *Cardiola interrupta* Brod., *Monograptus attenuatus* Hopk., *M. Becki* Barr., *M. convolutus* His., *M. Lapworthi* Barrois ; feuille de Quillan (Corbières) : *Orthoceras bohemicum* Barr., *O. pyrenaicum* Leym., *Cardiola interrupta* Brod., *Cardiola gibbosa* Barr., *Pentamerus optatus* Barr., *Scyphocrinus elegans* Münster, *Monograptus ;* feuille de Prades : *Orthoceras bohemicum* Barr., *O. originale* Barr., *O. severum* Barr., *Cardiola interrupta* Brod., *Spirifer sulcatus* His., *Monograptus priodon* Bronn ; feuille de Perpignan : *Maminka comata* Barr , *Cardiola gibbosa* Barr., *Cardiola interrupta* Brod., *Pentamerus optatus* Barr., *Scyphocrinus elegans* Zenk..

Dévonien inférieur (Coblentzien). — Feuilles de Saint-Jean-Pied-de Port et d'Urdos : *Orthis striatula* Schl.. *O. hipparionyx* Schnur, *Strophomena Murchisoni* d'Arch. et Vern., *St. rhomboidalis* Wahl., *Spirifer Pellicoi* de Vern., *Atrypa reticularis* Linné, *Pleurodyctium problematicum* Goldf. ; feuilles de Luz et Tarbes : *Cryphæus*, *Phacops*, *Streptorynchus crenistria* Phill., *Orthis devonica* Keys., *Spirifer paradoxus* Schl., *Sp. macropterus* Römer, *Sp. Pellicoi* de Vern., *Leptæna Murchisoni* de Vern., *Atrypa reticularis* Linné, *Terebratula subwilsoni* d'Orb., *Fenestella plebeia* Mc Coy, *Pleurodyctium problematicum* Goldf., *Zaphrentis* ; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Cyphaspis Belloci* Barrois, *Phacops fecundus* Barr., *Dalmanites Gourdoni* Barrois, *D. Haussmanni* Barr., *Orthoceras gracile* Blum., *Cladochonus striatus* Giebel, *Petraia undulata* F. Römer ; feuille de Foix : *Dalmanites Gourdoni* Barrois, *Trochurus Gourdoni* Barrois, *Goniatites*, *Spirigera concentrica* de Buch, *Pentamerus globus* Bronn, *Atrypa reticularis* Linné.

Dévonien moyen (Eifelien et Givétien). — Feuille d'Urdos : *Phacops occitanicus* Trom. Grass., *Atrypa reticularis* Linné, *Favosites Goldfussi* M.-E. et H., *Calceola sandalina* Lamk.. *Aulopora serpens* Goldf., *Alveolites subæqualis* Mich. ; feuille de Luz : *Phacops occitanicus* Trom. Grass., *Spirifer cultrijugatus* Römer, *Atrypa reticularis* Linné, *Streptorynchus umbraculum* Schl., *Favosites Goldfussi* M.-E. et H., *Calceola sandalina* Lamk., *Aulopora serpens* Golfd., *Alveolites subæqualis* Mich. ; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Goniatites Sancti Pauli* Leym., *Clymenia*, *Orthoceras ;* feuille de Quillan (Corbières) : *Phacops occitanicus* Trom. Grass., *Spirifer gerolsteinensis* Stein., *Atrypa reticularis* Linné, *Calceola sandalina* Lamk., *Favosites Goldfussi* M-.E. et H.. *Cyatophyllum helianthoides* Goldf., *Alveolites subæqualis* Mich..

Dévonien supérieur (Frasnien et Famennien). — Feuilles de Saint-Jean-Pied-de-Port et d'Urdos : *Chiloceras curvispina*, *Athyris concentrica* de Buch, *Atrypa reticularis* Linné, *Spirifer Verneuili* Murch. ; feuille de Luz : *Cyrtoclymenia lævigata* Münster, *Chiloceras amblylobum* Sandb., *Spirifer Verneuili* Murch. ; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Cyrtoclymenia lævigata* Münster, *Oxyclymenia striata* Münster, *Brancoceras sulcatum* Münster ; feuille de Foix : *Goniatites*, *Fenestella*, Encrines ; feuille de Quillan (Corbières) : *Orthoceras*, *Gephyroceras retrorsum* von Buch, *Chiloceras amblylobum* Sandb., *Bactrites carinatus* Beyr., *Clymenia*, *Cardiola Nehdensis* Kays..

Carboniférien inférieur (Dinantien). — Feuilles d'Urdos et de Mauléon : *Phillipsia Derbyensis* Martin sp., *Glyphioceras crenistria* Phill. sp., *Pronorites cyclolobus* Phill. sp., *Orthoceras giganteum* Sow., *Prolecanites Henslowi* Sow. sp., *Brancoceras ornatissimum* de Koninck sp., *Orthoceras giganteum* Sow., *Hyolites* cf. *simplex* Barr., *Productus giganteus* Mart., *Martinia glabra* Mart. sp., *Nereites Ollivanti* Murch., *N. vermicularis* de Saporta, *N. Sedgwicki* Murch., *Amplexus coralloides* Sow.,

Zaphrentis, Oldhamia Hovelacquei Barrois, *Archæocalamites Suckowi* Brongn. sp.; feuille de Bagnères-de-Luchon : *Glyphioceras crenistria* Phill., *Productus*, *Calamites Suckowi* Brongn. ; feuille de Foix (Larbont) : *Phillipsia*, *Productus giganteus* Mart., *Pr. cora* d'Orb., *Pr. semireticulatus* Flem., *Zaphrentis ;* feuille de Prades (versant espagnol) : Encrines, Polypiers, *Dictyodora Liebeana* Geinitz.

Carboniférien supérieur (Westphalien et Stéphanien). — Feuilles de Bayonne et Saint-Jean-Pied-de-Port : *Pecopteris arborescens* Schl. sp., *P. oreopteridius* Schl. sp., *P. polymorpha* Brongn., *Odontopteris Brardi* Ad. Brongn., *Alethopteris Grandini* Brongn., *Callipteridium pteridium* Schl. sp., etc. ; feuilles d'Urdos et Mauléon : *Calamites Suckowi* Brongn., *Annularia*, *Asterophyllites*. *Nevropteris ;* feuilles de Quillan et Perpignan (Ségure et Durban) : *Calamites approximatus* Schloth., *C. cannæformis* Schloth., *C. dubius* Art., *Sigillaria Brardi* Brongnt., *S. pachyderma* Brongnt., *Lepidophyllum majus* Brongnt., *Pecopteris oreopteridius* Schl. sp., *P. plumosa* Artis, *P. polymorpha* Brongn., *Odontopteris Brardi* Ad. Brongnt., *Sphenophyllum Schlotheimi* Brongnt..

Permien (?). — Feuille de Bagnères-de-Luchon (environs de Saint-Girons) : *Phillipsia derbyensis ?* Mart., *Daraelites* aff. *Meeki* Gemm., *Paraceltites Münsteri* von Buch, *Pronorites ouralensis* Karp., *Gastrioceras* aff. *Suessi* Karp. ou *Römeri* Gemm., *Popanoceras*.

Classification. — La classification du Primaire pyrénéen est résumée dans le tableau ci-joint (pp. 10-11) qui n'appelle guère d'observations. On remarquera seulement que je fais suivre d'un point de doute l'attribution au Permien des schistes de Saint-Girons ; en effet, malgré l'autorité du paléontologiste qui a étudié les débris informes recueillis dans ces couches, je ne crois pas possible d'asseoir une opinion ferme sur l'examen d'échantillons aussi incomplets et d'aussi mauvaise conservation. J'incline à rapprocher les schistes de Saint-Girons de ceux de Larbont et à en faire la partie supérieure du Dinantien. Si l'opinion contraire était maintenue, il faudrait certainement faire passer dans le Permien une grande partie des schistes classés dans le Carboniférien et dans lesquels on n'a jusqu'à présent trouvé aucun fossile, sauf dans quelques points très peu nombreux. Il est impossible en effet d'admettre que des dépôts vaseux fins et marins se soient formés seulement auprès de Saint-Girons, alors que dans toutes les autres parties de la chaîne, il ne se serait déposé pendant le Permien que des poudingues et des grès grossiers.

Toutes les divisions du Primaire ont fourni, ne fût-ce qu'en quelques points, des fossiles assez nets pour ne pas laisser de doute sur leur attribution : il n'y a d'exception que pour le Silurien inférieur. La faune cambrienne n'a en effet jamais été rencontrée dans les Pyrénées, ce qui tient vraisemblablement au métamorphisme intense des couches dans lesquelles elle devrait se trouver.

Étendue géographique. — Les affleurements des dépôts primaires occupent l'axe géographique de la chaîne depuis les caps Béar et Creus, sur la Méditerranée, jusqu'au delà de Lescun ; ils disparaissent alors par abaissement d'axe sous le Crétacé qui forme la crête frontière. Mais une bande de terrains primaires plus



MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME DEUXIÈME — MÉMOIRE N° 7

RÉSUMÉ

DE LA

GÉOLOGIE DES PYRÉNÉES FRANÇAISES

PAR

Léon CAREZ

Avec figures dans le texte, une planche de coupes et six cartes en couleurs

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, RUE SERPENTE, VIe

1912

septentrionale se détache de l'affleurement principal vers Lalatte de Bazen, passe à Laruns, puis, après une interruption de quelques kilomètres, au Nord de Sainte-Engrace, à Larrau, forme le massif entre Larrau et Esterençuby, se développe sur les feuilles de Saint-Jean-Pied-de-Port et Bayonne et vient à son tour s'enfoncer sous le Secondaire avant d'avoir atteint la côte de l'Atlantique. Il est à remarquer que cette bande, qui doit être considérée comme l'axe géologique de la chaîne, passe au Nord de l'axe géographique, constitué par le Crétacé supérieur.

On trouve en outre quelques lambeaux, plus ou moins importants, de terrains primaires, séparés par des terrains plus récents de l'affleurement principal dont ils ne sont qu'une dépendance ; ce sont : la bande de Montner à Fenouillet, les affleurements de Salvezines, Bessède, du massif du Saint-Barthélemy, du massif de Riverenert, de Milhas (Haute-Garonne), de Saint-Béat à Sarrancolin, des environs de Bagnères-de-Bigorre, d'Hosta. Enfin, plus au Nord, apparaissent le noyau primaire des Corbières et les lambeaux restreints des environs de Camarade, de Betchat et de Salies-du-Salat.

Enfin, plus au Nord encore, le Primaire affleure à Pechlat au milieu des sédiments crétacés supérieurs et tertiaires de la région de l'Alaric.

Pendant le Silurien, le Dévonien et le Carboniférien (Dinantien), les mers occupaient toute la zone pyrénéenne et sous-pyrénéenne ; toutefois, la partie supérieure du Dinantien présente déjà des schistes à plantes terrestres alternant avec des couches marines. Quant aux dépôts du Carboniférien supérieur, uniquement continentaux, ils sont signalés à la Rhune, Ibantelly, Hosta, la Maladetta, Fréchet-Aure, Ségure et Durban ; il est donc infiniment probable qu'ils existent sur toute la longueur de la chaîne, bien qu'ils n'aient pas été reconnus sur les feuilles de Luz, Foix et Lhospitalet.

A l'époque permienne se sont déposés des poudingues (d'une puissance colossale à l'Ouest), des grès et des schistes rouges, le tout sans fossiles, mais d'origine très probablement lacustre. D'après MM. Caralp et Haug, il y aurait des dépôts marins de cet âge à Saint-Girons et à Fréchet-Aure : j'ai beaucoup de peine à me ranger à leur opinion qui ne me paraît pas appuyée sur des preuves convaincantes, mais si on l'admet, il faut certainement rapporter aussi au Permien des couches considérées comme carbonifériennes sur toute la longueur de la chaîne, car il est inadmissible que la mer permienne n'ait laissé de dépôts que dans les deux points cités de la feuille de Bagnères-de-Luchon. Cela conduirait à un remaniement complet des classifications de tous les autres géologues qui se sont occupés du Primaire des Pyrénées.

Discordances et transgressions. — Une discordance très importante existe partout à la base du Permien ; aux environs de Saint-Girons, la discordance est au-dessus des couches marines dont je viens de parler, entre celles-ci et les grès et poudingues qui les surmontent.

		Feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port	Feuilles de Mauléon et d'Urdos	Feuilles de Tarbes et Luz	Feuille de Bagnères-de-Luchon	Feuilles de Foix et Lhospitalet	Feuilles de Quillan et Prades	Feuilles de Perpignan et Céret
PERMIEN		Schistes argileux, poudingues à galets de quartz, grès, ensemble de couleur rouge ou verdâtre. Ep. 1000 m. *Discordance.*	Schistes rutilants et psammites. Poudingues quartzeux à l'Ouest; grès rouge à l'Est. *Discordance.*	Poudingues, brèches calcaires et grès rouge lie-de-vin à la traversée de la vallée d'Aure. Mêmes couches sur le versant espagnol entre la frontière et la vallée de Pinède.	Conglomérats et argilolithes rouges de Camous. ? Schistes à fossiles marins et végétaux de la vallée d'Aure.	Grès rouges micacés et poudingues quartzeux (Rimont, Alzen, Nescus). *Discordance.* Au-dessous, (?) schistes de St-Girons avec faune de l'étage d'Artinsk. Absence de Permien dans la haute chaîne.	Inconnu.	Absent au Canigou. Conglomérats, grès, argilolithes rouges et cargneules de la région de Durban.
CARBONIFÉRIEN	Stéphanien et Westphalien	Schistes, poudingues et quarzites, avec végétaux. — La Rhune, Ibantelly. (Voir la liste des fossiles).	Schistes, poudingues et quartzites de la Bidouze, à *Asterophyllites, Annularia, Névropteris.*	?	Schistes de la Maladetta. Schistes à *Calamites* de Fréchet-Aure.	Schistes sans fossiles ?	Schistes et grès de Ségure à *Lepidophyllum majus, Sphenopteris Schlotheimi.* (Niveau de Carmaux).	Schistes et grès de Durban à *Lepidophyllum majus, Sphenopteris Schlotheimi.* Schistes et houille de Surroca et Ogasa (Espagne).
CARBONIFÉRIEN	Dinantien	Schistes noirs ou gris foncé et grès tendres, parfois avec lydiennes et quartzites. Calcaires de la forêt d'Ibantelly.	Schistes à *Calamites Suckowi* avec niveaux de calcaires amygdalins. *Glyphioceras crenistria, Prolecanites Henslowi, Phillipsia.* Calcaires gris ou noirs et schistes rouges et verts. Calcaires subamygdalins. Lydiennes à nodules phosphatés dans la vallée d'Os- [illegible]	Calcaire à *Glyphioceras crenistria, Pronorites cyclolobus.* Calcaire à *Productus giganteus* d'Ardengost. Schistes et grès d'Arreau à *Productus punctatus?, Phillipsia.* Poudingues à dragées. Schistes à *Nereites* et *Oldhamia* de la vallée d'Aure. Cauterets, Lia-Bagès. Calcaire à *Glyphyoceras.* Lydiennes à nodules phosphatés.	Calcaire à *Glyphioceras* de la montagne de Tréchouère; griottes et marbres verts. Calcaire à *Productus* d'Ardengost. Schistes à *Nereites* de Bourg d'Oueil et schistes à *Oldhamia* du pays de Luchon. Lydiennes à nodules phosphatés [illegible] ravin de Coularie.	Calcaires et schistes de Larbont à *Productus* et *Phillipsia.* Dans la haute chaîne, schistes de nature variée, sans fossiles. Lydiennes dans la région de Larbont.	CORBIÈRES. Schistes gris, grès à végétaux, conglomérats, calcaires, grès et schistes. RÉGION MÉRIDIONALE. Schistes, grauwackes et poudingues. CORBIÈRES. Lydiennes à nodules phosphatés.	RÉGION DE DURBAN. Schistes et grès à *Calamites.* RÉGION DU CANIGOU. Schistes luisants et calcaires. Schistes gréseux et ardoisiers. RÉGION MÉRIDIONALE. Calcaires par fois amygdalins, dolomies, schistes verdâtres. Goniatites et Encrines. Dans les deux premières régions, lydiennes parfois ac- [illegible]
DÉVONIEN	Supérieur	Calcaires gris avec débris d'Encrines; calcaires divers et brèches. Faune coblenzienne.	Frasnien et Famennien. Calcaires amygdalins à Goniatites et Clyménies, 150 à 200 mètres. Calcschistes à *Spirifer Verneuili* de Lescun. Griotte d'Accous.	Frasnien. Calcaires amygdalins à *Chiloceras amblylobum* et *G. retrorsum.* Calcaires blancs, gris, noirs à Polypiers. Schistes noirs et calcschistes à *Spirifer Verneuili.*	Frasnien. Calcaires amygdalins.	Calcaires grumeleux et schistes rouges avec parties vertes, à Clyménies et Goniatites; calcaires gris-noir compacts, parfois dolomitiques.	Famennien. Griottes et marnolites. Clyménies. Frasnien. Calcaires divers, parfois amygdalins et schistes gris à nodules. Goniatites. — [RÉGION] MÉRIDIONALE: Calcaires parfois amygdalins, dolomies, schistes verdâtres. Goniatites et Encrines.	CANIGOU. En haut, marbres rouges flambés de blanc à Goniatites. *Cardiola retrostriata.* Calcaires, quelques schistes verdâtres. MASSIF DE FORÇA-RÉAL. Calcaires à Encrines et Polypiers. RÉGION DE DURBAN. Griottes surmontant calcaires divers et dolomies.
DÉVONIEN	Moyen		Givetien. ? Eifelien. Calcaire à Polypiers siliceux du S. d'Urdos, etc.; calcaires de Geteu et Gère-Bélesten; schistes et calcaires de Lescun.	Givétien. Manque. Eifelien. Schistes à *Phacops* de Nerbiou et de la Hourquette d'Arreau. Calcaire à Polypiers siliceux.	Givétien. Dolomies et calcaires dolomitiques. Eifelien. Schistes de Cathervielle à *Dalmanites Gourdoni.*		Givétien ? Eifelien. Calcaire à Polypiers siliceux, avec *Calceola sandalina, Phacops;* schistes verts et rouges; dolomies.	
DÉVONIEN	Inférieur		Coblenzien. Schistes gris, grauwackes et calcaires roux très fossilifères (*Atrypa reticularis, Orthis striatula,* etc.). Béhérobie. Larrau, St-Mont, Bious-Artigues. 2000 mètres. Gédinnien. ?	Coblenzien-Gedinnien. Schistes, grauwackes et calcaires du col d'Aubisque, d'Artalens, de Luz, de Gavarnie.	Calcaires et calcschistes à Encrines, *Phacops* et *Orthis.*	Calcaires et schistes à faune coblenzienne.	Coblenzien. Dolomies et calcaires dolomitiques à Encrines et Polypiers.	
SILURIEN	Supérieur	Gothlandien. ?	Gothlandien. Schistes carburés à *Monograptus* (au plateau d'Heylé seulement).	Gothlandien. Schistes carburés, parfois calcaire à Orthocères.	Gothlandien. Schistes carburés à Graptolites; grauwackes; lentilles de calcaires à Orthocères.	Gothlandien. Schistes carburés à Graptolites (bande de Mérens, N. d'Ax, environs d'Alzen); calcaire à Orthocères et *Cardiola interrupta* (St-Paul-de-Jarrat, Pech d'Arbiel).	Gothlandien. Schistes carburés, parfois gypsifères, à lentilles et nodules calcaires. *Orthoceras bohemicum, Cardiola interrupta, Monograptus.* (Corbières et zone méridionale).	Gothlandien. Schistes carburés à Graptolites et Orthocères (Canigou, région de Durban). Schistes du massif de Força-Réal ?
SILURIEN	Moyen	Ordovicien. Schistes noirs très épais, souvent ardoisiers et quartzites.	Ordovicien. Schistes satinés et quartzites (au plateau d'Heylé seulement).	Ordovicien. Schistes et quartzites à faune de Caradoc, de Pierrefitte, Luz, Cauterets, Arrens. Schistes et quartzites de l'âge de Llandeilo, de Pierrefitte, Moudang.	Ordovicien. Schistes à *Orthis Actoniæ.* Schistes à *Trinucleus* et *Orthis budleighensis* de Seintein. Calcaires et grauwackes à *Echinosphærites, Monograptus colonus,* de Montauban, Cazarilh, Bachos.	Schistes divers ? Assises cristallophylliennes ?	Ordovicien. Schistes ardoisiers avec lentilles de calcaires et de poudingues *Asaphus, Orthis Actoniæ.* (Rivière de Galbe, Canigou). Schistes gris, grauwackes, grès siliceux à *Orthis Actoniæ, Calymenella,* des Corbières. Schistes satinés ou versicolores alternant avec des quartzites de l'âge d'Arenig et Tremadoc. (Corbières).	Ordovicien. Schistes ardoisiers, quartzites et grauwackes à nodules; faune à *Orthis Actoniæ* (Canigou). Schistes à *Orthis Actoniæ* (Força-Réal). Schistes et grès (région de Durban).
SILURIEN	Inférieur	? Phyllades luisants, schistes carburés ou pyriteux avec bancs de quartzites et calcaires (St-Jean-Pied-de-Port, les Aldudes). Gneiss et micaschistes (Le Labourd).	Gneiss et micaschistes (Eaux-Chaudes, environs du Pic du Midi d'Ossau).	? Couches métamorphiques.	? Schistes argileux ou siliceux. ? Gneiss, micaschistes, schistes micacés (Luchon, St-Béat, Milhas, vallée de Bethmale).	? Schistes lustrés et phyllades. ? Assises cristallophylliennes.	Schistes lustrés et siliceux avec minerai de fer; gneiss et micaschistes (Canigou).	? Gneiss et micaschistes très métamorphisés du massif de l'Albère. Schistes de la région de Durban.

II. — Groupe secondaire

1. Système triasique

Composition. — Les roches dominantes du système triasique sont des marnes ou argiles à couleurs vives (rouges, vertes, jaunes, blanches) avec gypse, sel gemme et cristaux de quartz bipyramidé ; des calcaires dolomitiques et cargneules y sont subordonnés.

A la base, il y a fréquemment un grès rouge peu puissant.

Aux extrémités de la région (E. de la feuille de Quillan et feuille de Perpignan d'une part, feuilles de Mauléon et Saint-Jean-Pied-de-Port de l'autre), les cargneules et calcaires dolomitiques prennent beaucoup plus d'importance : ils ne forment pas une division distincte, mais sont, comme partout, intercalés dans les marnes, occupant surtout la partie inférieure de l'ensemble.

Le Trias est percé de très nombreux dykes d'ophite ; il y a pourtant une vaste région, allant de la Bastide de Sérou jusqu'à la limite orientale de la feuille de Quillan où l'ophite est absolument inconnue. Il en résulte nécessairement que le faciès des marnes versicolores à gypse et à sel n'est pas un produit du métamorphisme, comme l'ont avancé un certain nombre d'auteurs.

Faune. — Le Trias est presque complètement azoïque, ce qui est d'ailleurs la conséquence forcée de la nature de ses sédiments déposés dans des eaux chargées de gypse et de sel, impropres à la vie organique.

Les seuls fossiles cités ont été recueillis dans des calcaires des environs d'Ascain et Saint-Jean-Pied-de-Port ; ils sont peu nombreux et de très mauvaise conservation. On ne peut guère retenir que *Lingula tenuissima* et *Lingula latissima*, et encore, même pour ces deux espèces, la détermination n'est pas bien certaine.

Classification. — Beaucoup d'auteurs ont voulu retrouver dans la zone pyrénéenne les trois divisions classiques : Grès bigarré, Muschelkalk, Marnes irisées. Je ne crois pas pouvoir les suivre dans cette voie, à cause du manque presque absolu de fossiles qui laisse trop de place à l'arbitraire. Je suis d'ailleurs persuadé que les calcaires à Lingules de Saint-Jean-de-Pied-de-Port sont contemporains des argiles à gypse de la partie médiane de la chaîne : il n'est pas possible d'attribuer les uns au Muschelkalk et les autres aux Marnes irisées.

Étendue géographique. — Les affleurements triasiques nombreux, mais ordinairement de faible étendue, sont disséminés dans toutes les parties de la région considérée ; dans la zone montagneuse, ils se présentent le plus souvent en bandes étroites d'une certaine longueur ; dans la plaine, les affleurements, presque toujours d'importance très réduite, sont plutôt circulaires.

Transgressions et discordances. — Le Trias repose exceptionnellement en concordance sur le Permien, comme dans la bande de Lacourt à Saint-Martin-de-

Caralp; mais presque toujours, il est transgressif sur les différentes assises du Primaire.

A la partie supérieure, le Trias est recouvert en concordance par le Lias dans la plupart des affleurements normaux de la région montagneuse ; par contre, les lambeaux des collines et de la plaine se présentent au milieu d'assises crétacées ou tertiaires de tous âges, dans des conditions souvent fort étranges, ce qui a conduit quelques géologues à proposer pour les expliquer, des transports mécaniques lointains.

Cette explication est pour moi inadmissible : la succession irrégulière constatée autour des affleurements triasiques de la plaine est due à une *discordance de dépôt* incontestable.

2. Système jurassique

Composition. — Le système jurassique est composé de roches assez variées. En bas (Infralias) se montrent des calcaires dolomitiques en petits bancs bien réglés, puis viennent des calcaires compacts très souvent bréchoïdes, blancs ou gris, avec bancs cargneuliques (Hettangien et Sinémurien). Ils sont surmontés par des calcaires marneux gris ou jaunes, avec quelques bancs calcaires jaunes ou blanchâtres (Charmouthien et Toarcien), puis l'ensemble se termine par une assise de dolomie noire ou brune, parfois pulvérulente, intercalée de quelques bancs calcaires et parfois de marnes (Bajocien-Bathonien).

Cette composition se maintient très uniforme depuis les rivages de la Méditerranée jusqu'au méridien de Lourdios (feuille de Mauléon) ; à l'Ouest de cette ligne, le Charmouthien et le Toarcien deviennent calcaires et la dolomie disparaît pour faire place à une série de marnes et calcaires tendres. Enfin, sur la feuille de Bayonne, tout le Jurassique est constitué par une suite de calcaires foncés plus ou moins marneux et dolomitiques et de schistes marno-calcaires de couleur noirâtre.

Faune.

Infralias. — Les fossiles recueillis dans cet étage sont peu nombreux : *Turritella melania* Qu. à Ascain ; *Plicatula intusstriata* Emmr. dans la Barousse, de Saint-Girons à Foix, Montgaillard (Ariège), Lherm, col de Saint-Louis, Jonquières, Boutenac, Ornaisons, Montpénery, Roquesestière ; *Avicula contorta* Portl. au col de Saint-Louis, à Ornaisons, Boutenac et autres localités de la feuille de Narbonne ; *Cardium rheticum* Mer., *Anatina præcursor* Qu. et plusieurs Poissons aux environs de Foix.

Lias inférieur. — Faune nulle.

Lias moyen (Charmouthien). — Sur les feuilles médianes, abondance de Bélemnites et Térébratules avec Ammonites rares ; aux deux extrémités, mais surtout à l'Est, au delà du méridien de Saint-Paul-de-Fenouillet, la faune devient plus variée et les Ammonites plus nombreuses. Les principaux fossiles sont :

Belemnites Bruguierei d'Orb., *B. acutus* Miller, *Dactyloceras commune* Sow., *Amaltheus ibex* Quenstedt, *A. Loscombi* Sow., *Ægoceras capricornus* Schloth., *Ammonites Davœi* Sow., *Polymorphites Jamesoni* Sow., *Ammonites margaritatus* Montfort,

Gryphea Maccullochii Sow., *Gr. cymbium* Sow., *Pecten æquivalvis* Sow., *P. acuticosta* Lamk., *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Rh. acuta* Sow., *Rh. liasica* Reynès, *Terebratula punctata* Sow., *Ter. subpunctata* Dav., *Waldheimia Jauberti* Desl., *W. numismalis* Lamk., *Spiriferina pinguis* de Buch, *Sp. rostrata* Zieten, *Pentacrinus scalaris* Goldfuss.

Lias supérieur (Toarcien). — Fossiles rares dans une assise peu distincte du Lias moyen, sauf à l'extrémité orientale où la faune devient, comme pour l'étage précédent, plus abondante et plus variée.

Harpoceras aalense Zieten, *Hildoceras bifrons* Brug., *H. Levisoni* Simps., *H. radians* Schloth., *Dumortieria rugosa* Seebach, *D. radiosa* Seebach, *Harpoceras serpentinum* Reinecke, *H. Stefanoi* Gemmellaro, *Deroceras mucronatum* d'Orb., *Cœloceras Braunianum* d'Orb., *Belemnites tripartitus* Miller, *B. irregularis* Schloth., *Turbo subduplicatus* d'Orb., *T. capitaneus* Münster, *Pecten pumilus* Lamk., *Terebratula ornitocephala* Sow., *Ter. quadrifida* Lamk., *Ter. bullata* Zieten, *Rhynchonella cynocephala* Rich., *Rh. tetraedra* Sow., *Rh. epiliasina* Leym., *Thecocyathus mactra* M.-E. et Haime.

Bajocien. — *Ludwigia Murchisonæ* Sow., *Lissoceras ooliticum* d'Orb., *Ancyloceras annulatum* d'Orb., *Stephanoceras subcoronatum* Oppel, *Pecten pumilus* Lamk., à Cambo; *Belemnopsis canaliculatus* Schloth., *Parkinsonia Parkinsoni* Sow., sur la feuille de Mauléon. Aucun fossile dans le reste de la région.

Bathonien. *Belemnites* aff. *bessinus* d'Orb. et *calloviensis* d'Orb., *Terebratula dorsoplicata* Suess, *Aulacothyris pala* de Buch, à Cambo. Azoïque partout ailleurs.

Callovien. — *Reineckeia anceps* Reinecke, *Perisphinctes balinensis* Neumayr, *P. curvicosta* Oppel, *P. evolutus* Neumayr, *P. funatus* Oppel, *P. Gottschei* Steinm., *P. subbackeriæ* Sow., *Harpoceras hecticum* Hartm., *Hecticoceras lunula* Zieten, *Belemnites hastatus* Blainv., *Pecten fibrosus* Sow., dans la région de Cambo; *Reineckeia anceps* Reinecke, *Perisphinctes Backeriæ* Sow., *Hecticoceras lunula* Zieten, dans la partie occidentale de la feuille de Mauléon.

Inexistant dans le reste de la chaîne.

Oxfordien. — *Belemnites hastatus* Blainv., à Cambo; *Cardioceras cordatum* Sow., *Perisphinctes Martelli* Oppel, dans la partie occidentale de la feuille de Mauléon.

Classification. — La classification du système jurassique est résumée dans le tableau ci-joint (p. 15).

Nature des sédiments. — Le Jurassique est entièrement marin, avec cette réserve que le mode de dépôt de la dolomie est incertain; il me semble toutefois bien peu probable que ce terrain soit d'origine lacustre.

Les dépôts jurassiques de la région indiquent une situation littorale ou sublittorale, mais ils prennent un caractère de mer plus profonde aux deux extrémités de la chaîne, plus spécialement à l'Ouest; dans la région de Cambo tout l'ensemble est représenté par des sédiments vaseux fins avec fossiles rares.

Étendue géographique. — Les sédiments jurassiques se montrent dans une série d'affleurements, tous situés au Nord de la zone primaire centrale. La bande dans laquelle se trouvent ces affleurements, n'a la plupart du temps qu'une faible largeur; elle commence à Cambo, passe à Saint-Jean-Pied-de-Port, Bedous, au

Tableau B.

CLASSIFICATION DU SYSTÈME JURASSIQUE

		Feuilles de Bayonne et Saint-Jean-Pied-de-Port	Feuilles de Mauléon et Urdos	Feuilles de Luz, Tarbes, Bagnères-de-Luchon, Foix, Quillan	Feuilles de Perpignan et Carcassonne
OXFORDIEN	Argovien	? Calcaires noirs compacts, parfois dolomitiques.	Calcaires et marnes à *Perisphinctes Martelli*. — Aussurucq, Hosta.		
	Neuvizien	Calcaires noirs pyriteux avec lits de marnes. *Belemnites hastatus*.	Calcaires et marnes à *Cardioceras cordatum*. De Lecumberry à Hosta.		
CALLOVIEN		Calcaires marneux, souvent schistoïdes et marnes. *Reineckeia anceps, Hecticoceras hecticum*.	Marnes à *Reineckeia anceps*. Lecumberry à Hosta.	? Dolomies noires avec intercalations calcaires sur la feuille de Tarbes.	
BATHONIEN		Calcaires marneux, souvent schisteux et mal lités. Bélemnites.	Calcaires sans fossiles des environs de Lecumberry, Aussurucq. Dolomies noires à l'Est du méridien de Lourdios.	Dolomies noires ou brunes, parfois pulvérulentes, avec intercalations de quelques bancs calcaires. 1000 mètres à l'O.; épaisseur beaucoup moindre sur les feuilles de Foix et Quillan.	Dolomie fétide, calcaires marneux, calcaires à silex.
BAJOCIEN		Marnes gris-noirâtre avec quelques calcaires marneux. *Ludwigia Murchisonæ, Lissoceras oolithicum*.	Marnes et calcaires à *Ammonites Parkinsoni* (Behorleguy) et *Belemnopsis canaliculatus* (Licq-Atherey). Dolomie noire à l'E. du méridien de Lourdios.		
LIASIEN	Toarcien	Calcaires marneux noirâtres, parfois schisteux. *Hildoceras bifrons, H. Levisoni, Ludwigia aalensis, Belemnites tripartitus*.	Marnes peu distinctes et de faible puissance. *Hildoceras bifrons*.	Marnes gris-bleu, prenant une certaine importance (50 mètres) à l'E. de la montagne de Capronne. *Hildoceras bifrons, H. Levisoni, Belemnites tripartitus, Turbo subduplicatus, Thecocyathus mactra*.	Marnes et calcaires marneux noirs, gris ou bleuâtres. *Hildoceras bifrons, Levisoni, radians*.
	Charmouthien	Calcaires marneux noirâtres, parfois schisteux. *Amaltheus Loscombi, A. ibex, Pecten æquivalvis, Rhynchonella tetraedra, Terebratula subpunctata*.	Marnes à l'Est, calcaires à l'Ouest, avec nombreuses Bélemnites et Térébratules; quelques Ammonites. 20 mètres.	Marnes brunes ou grises avec bancs de calcaires jaunes parfois oolithiques, 100 mètres. Bélemnites et Térébratules abondantes partout; fossiles nombreux dans la partie orientale. *Ammonites margaritatus, Pecten æquivalvis, Terebratula subpunctata*.	Alternance de marnes grises ou bleuâtres et de calcaires marneux en bancs minces. *Ammonites spinatus, Amm. margaritatus, Gryphea cymbium, Terebratula subpunctata*.
	Sinémurien et Hettangien	Calcaires gris plus ou moins foncés, sans fossiles.	Calcaires gris compacts et brèches parfois à couleurs vives.	Calcaires compacts bien lités, gris ou jaunâtres, brèches, calcaires marneux rosés, cargneules souvent roses, grès. 300 mètres.	Calcaires à silex et dolomies foncées. Calcaires gris-clair dolomitiques.
INFRALIAS		Calcaires compacts en lits minces et réguliers. *Turritella melania*.	Calcaires dolomitiques en plaquettes.	Calcaires dolomitiques en plaquettes avec intercalations de quelques marnes vertes et lumachelle de petits fossiles : *Avicula contorta, Plicatula intusstriata, Mytilus minutus, Cardium rheticum*.	Calcaires dolomitiques en plaquettes, intercalés de marnes verdâtres; cargneules. Lumachelle d'*Avicula contorta*.

Nord d'Argelès, à Campan, Mauléon-Barousse, Saint-Girons, Tarascon-sur-Ariège et Foix, Belcaire, Estagel, Tuchan ; de ce point les affleurements se portent au Nord dans la direction de Narbonne.

Au Nord de la bande ainsi définie, le Jurassique n'existe pas : l'absence d'affleurements n'est pas due à ce qu'ils sont recouverts par des sédiments plus récents, car des couches antérieures au Jurassique viennent au jour en de nombreux points (Trias dans les régions de Dax et Salies-de-Béarn ; Trias et Primaire vers Salies-du-Salat, Camarade ; Primaire des Corbières et de l'Alaric). A Amélie-les-Bains, il y a probablement du Lias inférieur (sans fossiles), mais aucune autre assise jurassique.

Transgressions et discordances. — Le Lias repose en concordance sur le Trias et aucune discordance n'est à signaler entre les diverses assises du Jurassique.

Les mers jurassiques sont en régression sur les eaux triasiques aussi bien au Nord qu'au Sud.

3. Système crétacé. — Serie inférieure

Composition. — Ce terrain comprend, en gros, un ensemble calcaire à la base surmonté d'un complexe marno-schisteux ; mais la séparation des calcaires et des schistes n'est pas absolue et il existe des zones marneuses, parfois importantes, dans la partie inférieure du groupe et des bancs calcaires dans la partie supérieure. C'est un fait qu'il ne faut pas oublier, car si l'on n'en tenait pas compte, on serait amené à voir des failles, des chevauchements ou des renversements là où il n'en existe aucunement.

Le calcaire est compact, souvent semi-cristallin, très résistant, de couleur gris-clair le plus fréquemment, exceptionnellement noirâtre ; à l'air il devient blanc et tranche nettement sur les schistes qui l'accompagnent et qui sont toujours foncés. Ce calcaire est fréquemment bréchoïde, les éléments de la brèche provenant du calcaire lui-même et non de couches plus anciennes ; c'est conforme à ce qui se voit dans les calcaires jurassiques de la même région. Les zones marno-schisteuses intercalées sont grises ou jaunes et renferment en certains points de gros cristaux cubiques de sulfure de fer (Nord de Ferrières, etc.). L'épaisseur de ce groupe atteint de 800 à 900 mètres.

L'ensemble marno-schisteux est encore plus épais ; il doit bien avoir en certains points jusqu'à 1500 mètres. Il est toujours très foncé, parfois complètement noir ; il devient au Sud de Lourdes, auprès de Labassère, etc., assez schisteux pour fournir de bonnes ardoises activement exploitées. On y trouve, comme dans les schistes de la base, de fréquentes imprégnations de sulfure de fer qui donnent un cachet ancien et ont contribué à faire attribuer fréquemment ces schistes aux terrains primaires; il y a aussi des filons de quartz. On remarque en outre quelques intercalations de calcaires, le plus souvent bréchoïdes, de petits bancs de brèches fines et de grès, ces diverses roches n'ayant d'ailleurs qu'une puissance très faible et les schistes formant la presque totalité de l'ensemble.

Faune. — Les calcaires contiennent d'innombrables Rudistes ; malheureusement ces fossiles sont toujours dans des calcaires compacts d'où il est très difficile de les extraire ; aussi les déterminations précises sont-elles extrêmement rares.

Il a été reconnu pourtant : *Polyconites Verneuili* Bayle, *Toucasia Santanderensis* Douv., *T. carinata* Math., *Horiopleura Lamberti* Mun.-Ch., *Radiolites cantabricus* Douvillé. Les Orbitolines (*O. conoidea* A. Gras, *O. discoidea* A. Gras) sont également très abondantes.

Dans les marnes intercalées dans les calcaires ou dans celles qui les surmontent immédiatement, on trouve : *Hoplites Deshayesi* Leym., *H. Dufrenoyi* d'Orb., *Acanthoceras Martini* d'Orb., *Belemnites semicanaliculatus* Blainv., *Ostrea aquila* d'Orb., ou *sinuata* Sow., *Ostrea macroptera* Sow., *Janira atava* Römer, *Plicatula placunea* Lamk., *Terebratula sella* Sow., *Ter. prælonga* Sow., *Terebratella Delbosi* Hébert, *Zeilleria tamarindus* Sow., *Rhynchonella latissima* Sow., *Echinospatagus Collegnoi* d'Orb., *Cidaris pyrenaica* Cott., *Peltastes Archiaci* Cott., *Orthopsis granularis* Cott., *Pseudodiadema Malbosi* Cott., *Salenia prestensis* Desor, *Orbitolina discoidea* A. Gras, *O. conoidea* A. Gras.

Cette faune est franchement aptienne *(sensu stricto)*, c'est-à-dire qu'elle appartient au niveau d'Apt et de Gargas et ne renferme aucune espèce du niveau d'Orgon.

Dans les couches marno-schisteuses supérieures, les fossiles sont presque partout extrêmement rares ; il n'en est autrement qu'aux deux extrémités de la région considérée, particulièrement à l'Est.

En réunissant les fossiles de toute la bande, on forme une liste encore assez fournie : *Desmoceras Beudanti* Brongn., *D. latidorsatum* Mich., *D. Mayori* d'Orb., *Schlönbachia Senequieri* d'Orb., *Phylloceras Velledæ* d'Orb., *Parahoplites Nolani* Seunes, *Acanthoceras Milletianus* d'Orb., *Douvilleiceras Bigoureti* Seunes, *Belemnites minimus* Lister, *B. semicanaliculatus* Blainv., *Natica gaultina* d'Orb., *Turritella Vibrayeana* d'Orb., *Nucula bivirgata* Fitton, *N. pectinata* Sow., *N. albensis* d'Orb., *Plicatula radiola* Lamk., *P. aspera* Sow., *Trigonia aliformis* Park., *Tr. Fittoni* Desh., *Rhynchonella compressa* Lamk., *Rh. grasiana* d'Orb., *Rh. sulcata* Park., *Terebratula Dutempleana* d'Orb., *Echinoconus castanea* d'Orb., *E. mixtus* d'Orb., *Discoidea infera* Desor, *D. conica* Desor, *D. subuculus* Leske, *D. arizensis* Cott., *Salenia prestensis* Desor, *Cidaris pyrenaica* Cott., *C. Sorigneti* Desor, *Epiaster Ricordeanus* d'Orb..

Cette faune appartient à l'Albien proprement dit.

Dans la région orientale, à Fontcouverte, M. Viguier a signalé les espèces suivantes qui, d'après lui, indiqueraient le Vraconnien : *Protocardium hillanum* Sow., *Arca carinata* Sow., *Trigonia Fittoni* Desh., *Nucula pectinata* Sow., et de nombreux Gastéropodes. Mais comme aucun de ces fossiles n'est spécial au Vraconnien, je considère la présence de cet étage comme très douteuse.

Classification. — Elle se résume ainsi :

Vraconnien ?? — Couches de Fontcouverte à *Protocardium hillanum*.

Albien. — Calcaires marno-schisteux noirs ou foncés, avec quelques calcaires compacts, bancs de grès, brèches et conglomérats fins. — *Desmoceras Beudanti*, *D. Mayori*, *Acanthoceras Milletianus*, etc..

Aptien. — Calcaires compacts gris-clair très durs fréquemment bréchoïdes, avec intercalations de zones marno-schisteuses grises ou jaunes. — *Polyconites Verneuili, Toucasia Santanderensis, Toucasia carinata, Horiopleura Lamberti, Hoplites Deshayesi, H. Dufrenoyi, Terebratella Delbosi, Zeilleria tamarindus*, etc.. Ces calcaires sont souvent métamorphisés dans la partie méridionale des feuilles de Bagnères-de-Luchon, Foix et Quillan.

L'Urgonien et tous les autres étages du Crétacé inférieur jusqu'à sa base, font défaut dans toutes les Pyrénées.

Étendue géographique. — Le Crétacé inférieur occupe une bande presque continue de Saint-Jean-de-Pied-de-Port à Rivesaltes ; il accompagne le Jurassique dans tout ce parcours, mais avec une surface d'affleurement beaucoup plus considérable. Dans la région occidentale, il se montre aussi au Nord de cette bande jusqu'à Saint-Palais et Orthez et vient au jour en plusieurs points entre Bayonne et la Rhune. A l'Est, les affleurements contournent le massif primaire des Corbières et s'avancent au Nord jusqu'à la Clape.

Conformément à ce qui se passe pour le Jurassique, il n'existe pas de dépôts du Crétacé inférieur autour des massifs primaires ou triasiques que j'ai indiqués ci-dessus (voir page 16). Il n'y en a pas non plus dans le bassin d'Amélie.

Transgressions et discordances. — Malgré l'énorme lacune qui existe à la base du Crétacé, on ne constate presque jamais ni transgression ni discordance angulaire entre le Jurassique et le Crétacé. La seule exception se remarque dans la partie occidentale, à partir du méridien de Saint-Palais : l'Aptien se montre en légère discordance angulaire sur le Jurassique et même, auprès d'Iholdy, repose directement sur les schistes cristallins.

4. Système crétacé. — Série supérieure

Composition. — Elle est extrêmement variable : aussi vais-je examiner successivement les divers étages.

Cénomanien. — Cet étage, à lui seul, présente à peu près toutes les roches que l'on peut imaginer : calcaires compacts, calcaires noduleux, calcaires en bancs de faible épaisseur avec silex tabulaires, alternant avec des marnes bleuâtres ou grises, brèches et conglomérats à éléments de dimensions très variées, parfois énormes, comprenant toutes les roches de la région, schistes et marnes schisteuses gris ou bleuâtres, grès marneux verdâtres, etc.. Cette diversité tient à ce que le Cénomanien pyrénéen est un dépôt de mer très peu profonde, parsemée d'îlots et de bas-fonds : les sédiments se sont formés aux dépens des roches des terrains plus anciens affleurant au voisinage.

Turonien. — Le Turonien est fréquemment à l'état de calcaire compact à Hippurites (haute chaîne sur les feuilles de Luz, Urdos, Mauléon ; feuilles de Foix, Quillan) ; il prend le faciès gréseux dans la partie basse de la feuille de Mauléon, dans la région orientale de la feuille de Quillan et dans la région de Fontfroide ; enfin à l'Ouest, il devient marneux.

Sénonien. — Dans la haute chaîne de Luz, Urdos, Mauléon, calcaire compact surmonté de marnes schisteuses alternant avec des bancs calcaires ou gréseux généralement minces; calcaire compact avec silex à Tercis; faciès gréseux dans la région de Fontfroide; partout ailleurs, marnes et calcaires marneux bleuâtres.

Danien. — Depuis la Méditerranée jusqu'aux feuilles de Foix et Pamiers incluses, le Danien se compose de bas en haut de grès (grès d'Alet), de marnes rouges avec quelques poudingues, de calcaire compact blanc (calcaire lithographique), de marnes rouges et poudingues. A l'Ouest, on ne trouve plus de grès que dans la région montagneuse aux environs de Gavarnie; ailleurs, calcaire compact souvent bréchoïde blanc ou rosé, calcaire jaune dit calcaire nankin, mais le plus souvent marnes et calcaires marneux gris ou bleuâtres.

Le Danien est lacustre dans la moitié orientale, marin dans l'autre partie.

Faune. — Le Crétacé supérieur comporte une suite de niveaux paléontologiques distincts que je suis obligé ici de grouper en un petit nombre de divisions.

La première est le Cénomanien avec : *Acanthoceras Mantelli* Sow., *Turrilites plicatus* d'Orb., *Cassiope Depereti* Répelin, *Turritella Vibrayeana* d'Orb., *Caprina adersa* d'Orb., *Caprinula Boissyi* d'Orb., *Toucasia lævigata* d'Orb., *Trigonia scabra* Lamk., *Pecten asper* Lamk., *Ostrea carinata* Lamk., *O. flabellata* d'Orb., *O. columba* Lamk., *Janira quinquecostata* d'Orb., *Rhynchonella Cuvieri* d'Orb., *Rh. difformis* d'Orb., *Cidaris vesiculosa* Goldf., *C. Rousseli* Cott., *Epiaster distinctus* d'Orb., *Discoidea subuculus* Klein, *D. arizensis* Cott., *Catopygus carinatus* Ag., *Cyphosoma variolare* Brongn., *Holaster subglobosus* Ag., *H. nodulosus* Goldf., *Salenia rugosa* d'Arch., *S. scutigera* Gray, *Orthopsis granularis* Cott., *Orbitolina concava* Lk., *O. conica* d'Arch., *O. subconcava* Leym., *O. plana* d'Arch., var. *mamillata* d'Arch., *Alveolina cretacea* d'Archiac.

Le Turonien renferme : *Pachydiscus Austeni* Sharpe, *P. Linderi* de Gross., *Tissotia Ewaldi* de Buch, *T. Galliennei* d'Orb., *Mammites Rochebrunei* d'Orb., *M.* cf. *tevesthensis* Peron, *Ceratites Fourneli* Desh., *Acteonella crassa* d'Orb., *A. lævis* d'Orb., *Cassiope Renauxi* d'Orb., *Hippurites corbaricus* Douv., *H. giganteus* d'Hombres-Firmas, *H. Moulinsi* d'Hombres-Firmas, *H. petrocoriensis* Douv., *H. inferus* Douv., *H. Requieni* Math., *H. resectus* Defr., *H. Rousseli* Douv., *Sphærulites Pailletteanus* d'Orb., *Sph. Ponsianus* d'Arch., *Sph. Sauvagesi* d'Hombres-Firmas, *Ostrea eburnea* Coq., *Janira quadricostata* d'Orb., *Terebratulina Bourgeoisi* d'Orb., *Ananchytes ovata* Lamk., *Conulus subrotundus* Mantell, *Cyphosoma variolare* Brongn., *Periaster Verneuili* d'Orb., *Cyclolites elliptica* d'Orb., *Lacazina*.

La faune du Sénonien est prodigieusement abondante; je citerai seulement ici les espèces les plus caractéristiques en mettant à part celles des couches à *Stegaster* dont je discuterai l'âge plus loin :

Pachydiscus Brandti Redtenbacher, *Schlönbachia Bertrandi* de Gross., *Mortoniceras Bourgeoisi* d'Orb., *Ammonites Boutanti* de Gross., *Pachydiscus Canali* de Gross., *P. Carezi* de Gross., *Ammonites Carolinus* d'Orb., *Pachydiscus Cayeuxi* de Gross., *Puzosia corbarica* de Grossouvre, *Pachydiscus colligatus* von Binkhorst (dans les Corbières d'après M. Toucas), *Sonneratia Daubreei* de Gross., *Mortoniceras Desmundi* de Gross., *M. Emscheris* Schlüter, *Tissotia Ewaldi* de Buch, *Hauericeras Fayoli* de Gross., *Actinocamax granulatus* Bl., *A. Grossouvrei* Janet, *A. quadratus* Bl., *Tissotia haplophylla* Redt.,

Pseudophyllites Indra Forbes, *Muniericeras inconstans* de Gross., *Pachydiscus Jeani* de Gross., *Muniericeras Lapparenti* de Gross., *Puzosia Lemarchandi* de Gross., *Pachydiscus Linderi* de Gross., *Gauthiericeras Margæ* Schlüter, *Gaudryceras mite* F. v. Hauer, *Sonneratia Pailletteana* d'Orb., *Desmoceras pyrenaicum* de Gross., *Muniericeras rennense* de Gross., *Schlüteria Rousseli* de Gross., *Gaudryceras Rouvillei* de Gross., *Desmoceras rugatum* Forbes, *Hamites recticostatus* Seunes, *Placenticeras syrtale* Morton, *Sonneratia Savini* de Gross., *Mortoniceras serrato-marginatum* Redt., *Lytoceras Sicardi* de Gross., *Peroniceras subtricarinatum* d'Orb., *Desmoceras salsense* de Gross., *Turrilites Sicardi* de Gross., *Mortoniceras texanum* Römer, *Actinocamax Toucasi* Janet, *Hauericeras Welschi* de Gross., *Cerithium ataxense* d'Orb., *Acteonella Baylei* Leym., *A. gigantea* d'Orb., *A. lævis* d'Orb., *Turritella Coquandiana* d'Orb., *Fusus Dumortieri* d'Arch., *Nerinea flexuosa* Zek., *N. gracilis* Zek., *Campanile Grossouvrei* Cossm., *Nerita Grossouvrei* Cossm., *Neritina Lacvivieri* Mun.-Ch., *Rostellaria pyrenaica* d'Orb., *Delphinula radiata* Zek., *D. spinosa* Zek., *Trochus sougraignensis* d'Arch., *Trochacteon Toucasi* d'Orb., *Biradiolites acuticosta* d'Orb., *Radiolites canaliculata* d'Orb., *R. Toucasiana* d'Orb., *Plagioptychus Aguilloni* d'Orb., *P. dissimilis* Mun.-Ch., *P. involutus* Mun.-Ch., *P. Lacvivieri* Mun.-Ch., *P. paradoxus* Math., *Spherulites angeiodes* Desm., *Sph. benaicensis* Mun.-Ch., *Hippurites Archiaci* Mun.-Ch., *H. Bayani* Douv., *H. bioculatus* Lamk., *H. canaliculatus* Rolland du Roquan, *H. Carezi* Douv., *H. cornucopiæ* Defr., *H. crassicostatus* Douv., *H. dentatus* Math., *H. dilatatus* Defr., *H. galloprovincialis* Math., *H. Heberti* Mun.-Ch., *H. Jeani* Douv., *H. latus* Math., *H. Maestrei* Vidal, *H. præcessor* Douv., *H. rennensis* Douv., *H. socialis* Douv., *H. striatus* Defr., *H. sublævis* Math., *H. sulcatissimus* Douv., *H. sulcatoides* Douv., *H. sulcatus* Defr., *H. Toucasi* Mun.-Ch., *H. turgidus* Rolland du Roquan, *H. variabilis* Mun.-Ch., *H. Vidali* Math., *H. Zürcheri* Douv., *Coralliochama Bayani* Douv., *Rousselia Guilhoti* Douv., *Bayleia Pouechi* Mun.-Ch., *Ostrea caderensis* Coq., *O. frons* Park., *O. galloprovincialis* Math., *O. Matheroniana* d'Orb., *O. vesicularis* Lamk., *Inoceramus Cripsii* Mantell, *I. Cuvieri* Sow., *I. digitatus* Sow., *Chlamys Dujardini* Römer, *Spondylus hippuritarum* d'Orb., *Sp. hystrix* Goldf., *Sp. spinosus* Desh., *Lima marticensis* Math., *L. ovata* Römer, *L. pectinata* d'Orb., *Janira quadricostata* d'Orb., *J. quinquecostata* d'Orb., *Neithea striato-costata* Goldf., *Cardium subguttiferum* d'Arch., *Tellina Venei* d'Arch., *Terebratula Baugasi* Coq., *Terebratulina Venei* Leym., *Rhynchonella deformis* d'Orb., *Cyphosoma Archiaci* Cott., *C. magnificum* Ag., *Phymosoma Carezi* Lambert, *Rachiosoma Gregoirei* Cott., *R. Lorioli* Lambert, *Pyrina ataxensis* Cott., *P. petrocoriensis* Desm., *Goniopygus Bazerquei* Lambert, *G. tetraphyma* Lambert, *Linthia Bazerquei* Lambert, *Salenia Bourgeoisi* Cott., *S. Paquieri* Lambert, *Micraster corbaricus* Lambert (*brevis* auctorum), *M. Heberti* de Lacv., *M. Matheroni* Desor, *Echinocorys conoideus* Goldf., *E. gibbus* Lamk., *E. vulgaris* Breyn., *Hemiaster Gauthieri* Peron, *H. ligeriensis* d'Orb., *Cidaris gibberula* Desor, *C. Jouanneti* Desm., *C. subvesiculosa* d'Orb., *Holaster integer* d'Orb., *Clypeolampas Lesteli* Cott., *Offaster Leymeriei* Cott., *Orthopsis miliaris* Cott., *Globator nucleus* Desor, *Holectypus proximus* Lambert, *Cardiaster punctatus* Cott., *Diplodetus pyrenaicus* Lambert, *Trochosmilia Archiaci* de From., *Tr. compressa* M.-E. et H., *Tr. inconstans* de From., *Cyclolites discoidea* de Bl., *C. elliptica* d'Orb., *C. Haueriana* Mich., *C. polymorpha* Brongn., *C. Reussi* de From., *Thamnastræa media* M.-E. et H., *Dendrogyra pyrenaica* Mich., *Astrocœnia reticulata* Goldf., *Columnastræa similis* de From., *Lacazina compressa* Bosc.

Les fossiles des couches a *Stegaster* sont :

Baculites anceps Lamk., *B. incurvatus* Duj., *Pachydiscus aurito-costatus* Schlüter,

P. colligatus v. Binkhorst, *P. epiplectus* Redt., *P. Fresvillensis* Redt., *P. Galicianus* Favre, *P. Jàcquoti* Seunes, *P. Larteti* Seunes, *P. neubergicus* Schlüter, *P. subrobustus* Seunes, *Gaudryceras Colloti* de Gross., *Pachydiscus Gollevillensis* d'Orb., *P. Sturi* Redtenbacher, *Scaphites constrictus* Sow., *Nautilus Dekayi* Morton, *Heteroceras polyplocum* d'Orb., *Nerita rugosa* Hœninghaus, *Inoceramus Lamarckii* Römer, *Ostrea Matheroniana* d'Orb., *Stegaster altus* Seunes, *St. Bouillei* Cott., *St. Chalmasi* Seunes, *St. Cotteaui* Seunes, *St. Heberti* Seunes, *Gibbaster Munieri* Seunes. *Galerites albogalerus* d'Orb., *Isaster aquitanicus* Desor, *Micraster aturicus* Hébert, *Micr. corcolumbarium* Desor, *Echinocorys Arnaudi* Seunes, *E. Cotteaui* Lambert, *E. Douvillei* Seunes, *E. Duponti* Lambert, *E. fonticola* Arnaud, *E. Heberti* Seunes, *E. ovatus* Lamk., *Galeola cuneata* Seunes.

La faune danienne est lacustre dans la partie orientale, saumâtre ou marine dans la partie occidentale. Je citerai parmi les fossiles d'eau douce et terrestres : *Rognacia abbreviata* Math., *Melanopsis avellana* Sandb., *Cyclophorus heliciformis* Math., *Leptopoma Baylei* Math., *Bauxia bulimoides* Math., *B. disjuncta* Math., *Vivipara Beaumonti* Math., *V. Bosquiana* Math., *V. Dieulafaiti* Roule, *Paludina Deshayesiana* Math., *Helix Coqui* Brongn., *Cyclotus Heberti* Leym., *C. Luneli* Math., *C. Matheroni* Vidal, *C. solarium* Math., *Physa prisca* Noulet.

Les principaux fossiles marins du même étage sont : *Baculites anceps* Lamk., *Nautilus danicus* Schl., *Hamites recticostatus* Seunes, *Pleurotomaria danica* Leym., *Rostellaria Houzeaui* Briart et Cornet, *Cerithium inopinatum* Briart et Cornet, *C. montense* Briart et Cornet, *Trochus Lefebvrei* Briart et Cornet, *Otostoma ponticum* d'Orb., *Cyrena auzacensis* Mun.-Ch., *C. garumnica* Leym., *C. laletana* Vidal, *Ostrea frons* d'Orb., *O. larva* d'Orb., *O. Matheroniana* d'Orb., *O. uncinella* Leym., *O. Verneuili* Leym., *O. vesicularis* Lamk., *Crania ignabergensis* Retzius, *Hippurites Lamarckii* Bayle, *H. Lapeirousei* Goldf., *H. radiosus* Desm., *Radiolites Leymeriei* Bayle, *Spherulites Martini* d'Orb., *Sph. Sauvagesi* d'Hombres-Firmas, *Neithea striato-costata* Goldf., *Cardita Tuco* Leym., *Isaster aquitanicus* Desor, *Brissopneustes aturensis* Arnaud, *Cidaris Beaugeyi* Seunes, *Coraster beneharnicus* Seunes, *C. Marsooi* Seunes, *C. Munieri* Seunes, *C. sphæricus* Seunes, *Coraster Vilanovæ* Cott., *Tholaster Bertrandi* Seunes, *Th. Munieri* Seunes, *Micraster Brongniarti* Hébert, *Micr. subcarinatus* Cott., *Micr. tercensis* Cott., *Cyclaster coloniæ* Cott., *Hemiaster constrictus* Cott., *H. nasutulus* Sorignet, *Echinocorys Cotteaui* Lambert, *E. Douvillei* Seunes, *E. pyrenaicus* Seunes, *E. tercensis* Cott., *E. tenuituberculatus* Leym., *E. vulgaris* Breyn., *Isopneustes integer* Grat., *Hemipneustes Leymeriei* Hébert, *H. pyrenaicus* Hébert, *H. radiatus* Ag. in Goldf., *Offaster Leymeriei* Cott., *O. Munieri* Seunes, *Jeronia pyrenaica* Seunes, *Parasmilia Bouei* Reuss, *Astræa Caillaudi* Mich., *Heterocœnia centralis* de From., *Montlivaultia irregularis* M.-E. et H., *Astrocœnia minima* de From., *Protea paillonica* Leym., *Siphoneudea acaulis* de From., *Siderolina calcitrapoides* Lamk., *Omphalocyclus disculus* Leym., *Orbitoides apiculata* Leym., *O. gensacica* Leym., *O. mamillata* Schlumb., *O. media* d'Arch., *O. papyracea* d'Orb., *O. secans* Leym., *O. socialis* Leym., *Operculina Heberti* Mun.-Ch., *Polytrema marticensis* d'Orb., *Lithothamnium*.

Classification. — Je résume la classification du Crétacé supérieur pyrénéen dans le tableau ci-joint. Le Cénomanien n'appelle aucune observation. Le Turonien est souvent mal caractérisé ; il ne montre des fossiles indiquant nettement son âge que dans la partie montagneuse de la feuille de Mauléon et sur la feuille de Quillan.

	Feuilles de Bayonne, Saint-Jean-Pied-de-Port	Feuilles de Mauléon, Orthez, Mont-de-Marsan	Feuilles de Luz et Tarbes	Feuilles de Bagnères-de-Luchon et Saint-Gaudens	Feuilles de Foix et Pamiers	Feuilles de Prades, Quillan et Carcassonne	Feuilles de Perpignan et Narbonne (d'après M. Doncieux)
Ludien-Sannoisien	Marnes sableuses et calcarifères à *Nummulites Bouillei, vascus, intermedius*, *Operculina complanata*, *Euspatangus ornatus*, *Scutella subtetragona*. Biarritz au N. de la côte des Basques, Saint-Pierre d'Irube, Saint-Martin de Seignanx.	Couches de Gaas, Lesperon, Tuc du Saumon à *Natica crassatina*. Grès de Mugron et Buchuron. La Chalosse de Montfort. Préchacq.			Calcaire de Mas-Saintes Puelles et Villeneuve-la-Comptal à *Palæotherium* et *Dactylius lævolongus*.	Calcaire de Miraval à *Palæotherium* et *Dactylius lævolongus*.	
Bartonien	Marnes bleues de la côte des Basques, Saint-Barthélemy à *Nummulites contortus*, *N. striatus*, *N. Lucasi*, *Orthophragmina Fortisii*, *O. radians*, *Operculina ammonea*, *Serpula spirulea*.	Marnes de Peyrehorade, de Tercis, d'Orthez à *Orthophragmina sella*, *O. radians*, *Serpula spirulea*. Marnes grises à *Terebratulina tenuistriata* de la Chalosse. Sur la feuille de Mauléon, poudingue calcaire.	Poudingues calcaires du Sud de Pau, Hibarette, Orignac.	Poudingues (partie supérieure).	Mollasse de Castelnaudary; alternance de sables, grès, argiles et poudingues.	Mollasse de Carcassonne; poudingues de Malpère; conglomérats, grès grossiers et marnes (partie supérieure des poudingues de Palassou).	
Lutétien supérieur	Calcaire à *Nummulites aturicus*, *Lucasi*, *complanatus*, *Brongniarti*, *Assilina exponens*, *Orthophragmina Pratti*, *stellata*, *sella*, *radians*. La Gourèpe, S. de Bayonne, Ureuit, Saint-Pierre d'Irube, Saint-Barthélemy.	Couches à *Nummulites aturicus*, *complanatus*, *Orthophragmina Pratti* de Croix de Pourtau, Montfort, Donzacq, Peyrehorade, Orthez, Gamarde. ? Base des poudingues calcaires sur la feuille de Mauléon.	? Conglomérats calcaires (partie inférieure).	Poudingues (partie inférieure).	Poudingues et grès avec *Lophiodon subpyrenaicum* à Saint-Quintin; bancs calcaires à *Bulimus Hopei*, *Cyclostoma formosum*, *Strophostoma lapicida*.	Conglomérats de Palassou (partie inférieure); mollasse à *Lophiodon* d'Issel; bancs calcaires à *Bulimus Hopei*; calcaire de Ventenac.	Poudingues avec calcaires à *Bulimus Hopei*.
Lutétien moyen	Calcaire à *Nummulites aturicus*, *cras-* [illegible] *Assilina granulosa*, *spira*, *Operculina ammonea*, *Orthophragmina Archiaci discus*, *sella*, *stellata*, *Serpula spirulea*, de Peyreblanque (Biarritz), Ste-Marie de Gosse, St-Jean de Marsacq.	Couches à *Nummulites aturicus*, *Luca-* [illegible] *Leymeriei*, *Operculina ammonea*, *Orthophragmina Pratti*, *Archiaci*, de Donzacq. Bastennes, Gibret, Nousse, Peyrehorade, Cauneille, Orthez, Puyoo, Siest, Benesse, Baigts, Cassen, Goos, Gamarde, Ogenne, Meritein.	Calcaires et marnes à *Nummulites Lu-* [illegible]; *Assilina planospira*, *A. Leymeriei*, *Orthophragmina Archiaci*, *Pratti*, *Chudeaui*, de Bos d'Arros. Gan, Piétat, Ossun, entre Orignac et Cieutat. Calcaires noirâtres et jaunes du Mont-Perdu et des Tours du Marboré à *Nummulites Ramondi*, *Lucasi*, *Assilina Leymeriei*, *Orthophragmina Pratti*.		Couche supérieure à Turritelles (à l'Est [illegible]). Couches à grosses Crassatelles (*Crassatella plumbea*), *Nummulites Ramondi*, *atacicus*, *Assilina spira*, *Leymeriei*.	Couche supérieure à Turritelles (à [illegible]). Couches à *Crassatella*, *Ostrea uncifera*, *Velates Schmiedelliana*, *Nummulites atacicus*.	Grès à cérithes, *Cerithium Romani*, [illegible] des *Depereti*, *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*, *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Lutétien inférieur	Couches à *Nummulites lævigatus*, *atacicus*, *Assilina granulosa*, *spira*, *præspira* de Saint Barthélemy; marnes à *Xanthopsis*.	Couches à *Nummulites lævigatus*, *Murchisoni*, *Assilina granulosa*, *Alveolina oblonga*, de Cahurt, Hagetmau. Calcaire inférieur de Bastennes. Marnes sans fossiles de la feuille de Mauléon.	Calcaire à *Nummulites lævigatus*, *scaber*, *Murchisoni*. *Orbitolites complanatus*, de Pontacq et Orignac inférieur.	Couches principalement marneuses avec quelques bancs de grès et de calcaires (calcaires de Furnes). *Alveolina subpyrenaica*, *oblonga*, *Flosculina globosa*, *Operculina ammonea*. *Nummulites atacicus*, *Ramondi*, *Assilina Leymeriei*, *Orthophragmina Archiaci*. *Chudeaui*, *Pratti*. *Velates Schmiedelliana*, *Turritella trempina*.	Marnes à Turritelles. *Turritella trempina*, *figolina*, *rodensis*, *carinifera*, *Serpula corbarica*, *Trochocyathus sinuosus*, *Nummulites Ramondi*, *atacicus*. *Assilina Leymeriei*, *exponens*, *Orthophragmina Pratti*.	Marnes à Turritelles (niveau inférieur), de Couiza. *Turritella trempina*, *Trochocyathus sinuosus*.	Marnes à Turritelles. *Turritella figolina*, *ataciana*, *Dufrenoyi*, *Velates Schmiedeli*, *Trochocyathus sinuosus*, *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*, *Assilina Leymeriei*, *Operculina ammonea*, *granulosa*, *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Yprésien		Calcaire à *Nummulites planulatus*, *Murchisoni*, *Alveolina oblonga*, *Maretia Jacquoti* d'Hagetmau, de la Chalosse, de Saint-Sever.			Marnes et calcaires à Alvéolines très abondantes (*A. subpyrenaica*), *Operculina ammonea*, *Turritella rodensis*, *T. carinifera*, *Cerithium* cf. *subaculum*.	Calcaire à *Cerithium* cf. *subacutum*; conglomérats.	Marnes et grès à *Cerithium* cf. *subacutum*, *C. biseriale*, *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*. *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Sparnacien						Marnes rouges avec gypse à l'Est; marnes grises avec alvéolines à l'Ouest; bancs de grès et conglomérats. *Physa prælonga*. *Ph. Draparnaudi*.	Calcaire avec *Physa prælonga*, *Ph. Draparnaudi*, *Potamides funatus*, *Ostrea uncifera*.
Thanétien		? Calcaire à *Oriolampas Michelini* du Pont de Louer.		Calcaire à Miliolites formant des crêtes très accentuées. *Ostrea uncifera*, *Echinanthus*.	Calcaire à Miliolites, avec *Alveolina pyrenaica*, *Ostrea uncifera*, *Terebratula montolearensis*, *Echinanthus*; bancs lacustres. 60 mètres.	Calcaire à Miliolites avec intercalations lacustres à *Physa prisca*, *Limnea*. *Chara*. 25 mèt.	Calcaire lacustre compact à *Physa prisca*, *elongata*, *Melanoides thezanensis*.

Le Santonien aussi est peu distinct dans la moitié occidentale : par contre, à partir de Foix vers l'Est, on rencontre partout en abondance *Micraster brevis* et *Ammonites Pailletteanus* et, un peu au-dessus, les premières *Hippurites galloprovincialis* (*corbaricus* Douv.).

Dans la moitié orientale (feuilles de Quillan et Foix) le Campanien est représenté par les couches à Hippurites de la montagne des Cornes et de Gabachou, avec *Mortoniceras texanum* à la base, *Placenticeras syrtale* un peu plus haut. J'y rattache encore la base du Grès d'Alet sur la feuille de Quillan et les marnes bleues de Leychert et Benaïx à *Hippurites Heberti, Archiaci* et *variabilis* de la feuille de Foix. Jusque-là, il n'y a guère de divergences entre les nombreux auteurs qui se sont occupés de la question, mais il n'en est pas de même à l'Ouest, où ne se retrouve plus, sauf à Gavarnie, aucune des espèces d'Hippurites, d'Oursins ni d'Ammonites du Campanien oriental [1]. On recueille dans cette région occidentale une faune toute différente où se rencontrent les *Stegaster Bouillei, altus, Heberti,* les *Pachydiscus colligatus, neubergicus, Fresvillensis* et *Jacquoti*. Beaucoup de géologues considèrent cette faune comme maëstrichtienne ou danienne inférieure, mais je ne puis partager cette opinion, les couches à *Stegaster* et *Pachydiscus colligatus* étant incontestablement inférieures, dans les Petites Pyrénées et à Montgaillard, aux couches à *Hemipneustes* et *Orbitoides,* lesquelles sont du Maëstrichtien bien caractérisé. Jamais on n'a trouvé les *Stegaster* ni les Ammonites qui les accompagnent, dans les assises à *Hemipneustes,* pas plus dans la Haute-Garonne qu'à Saint-Sever, Audignon, Villagrains, Landiras ou Roquefort (Landes). En classant les couches à *Stegaster* dans le Danien, on donne à cet étage des dimensions exagérées, tandis qu'il ne reste plus rien pour le Sénonien, bien que la succession soit régulière et sans lacunes (région de Lasseube, Nay).

Le Danien comprend les couches à *Hemipneustes, Orbitoides, Micraster tercensis* de la Haute-Garonne et de la partie occidentale ; je mets sur le même niveau les assises à *Coraster* visibles de Nay à Bidart et superposées aux marnes à *Stegaster*. Dans la moitié orientale de la chaîne, le Danien est saumâtre ou lacustre : il présente la faune de Rognac.

On a proposé de rattacher à l'Eocène les couches à *Coraster* ainsi que celles à *Micraster tercensis* et *Operculina Heberti ;* cette manière de voir me semble inacceptable malgré l'absence d'Ammonites et la présence de quelques Gastéropodes rapportées à des espèces du calcaire de Mons, les *Coraster, Micraster* et Rudistes formant un ensemble à caractères nettement secondaires. De plus les Nummulites ne se montrent jamais dans ces couches.

Nature des sédiments. — Le Crétacé supérieur est entièrement marin à l'Ouest ; c'est seulement à partir de Saint-Marcet que des couches saumâtres apparaissent pour devenir bientôt, vers l'Est, lacustres ou littorales. Commençant à la partie la plus élevée du Crétacé, elles empiètent peu à peu sur des couches plus anciennes et atteignent le Campanien sur la feuille de Quillan.

1. *Ammonites Pailletteanus* a pourtant été citée à Bidart par d'Orbigny et M. Toucas, et *Micraster brevis* à Tercis, par quelques anciens auteurs.

Les couches marines sont principalement formées de marnes bleuâtres accompagnées de conglomérats dans le Cénomanien, de calcaires et de grès à divers niveaux; la faune composée surtout d'Oursins et d'Hippurites indique un dépôt dans une mer peu profonde.

Les sédiments lacustres ou littoraux sont des grès (grès d'Alet), des marnes généralement rouges, des calcaires compacts.

Étendue géographique. — Le Cénomanien occupe une très grande surface d'affleurement entre Bayonne, Orthez, Rébenacq, Aramits, Saint-Jean-Pied-de-Port, Hasparren, Ibantelly. A l'Est de Rébenacq, la bande se rétrécit, puis ne se présente plus qu'en lambeaux discontinus jusqu'au méridien de Saint-Gaudens. Là, elle se développe largement jusqu'auprès de la Bastide de Sérou, où elle se resserre de nouveau pour disparaître vers Bélesta (Ariège) sous un chevauchement de Jurassique et de Crétacé inférieur. Le Cénomanien vient de nouveau au jour entre Quillan et Tuchan, puis il se montre dans la chaine de Fontfroide.

Cet étage n'est pas connu au Nord de cette bande ; dans les Corbières notamment, s'il a recouvert la partie méridionale du massif primaire, il ne se montre ni dans la partie septentrionale de ce dernier, ni dans le massif de l'Alaric.

Ses dépôts n'existent pas non plus au Sud de la bande principale, si ce n'est entre Eaux-Bonnes et Saint-Etienne-de-Baigorry où l'on remarque une série de petits affleurements reposant souvent directement sur le Primaire.

Le Crétacé supérieur au Cénomanien (Turonien et Sénonien) occupe une bande parfois masquée par des terrains plus récents ou interrompue par des accidents tectoniques ; elle est située au Nord de la précédente, mais est beaucoup plus étroite. Partant de la côte au Nord de Bidart, elle passe par Mouguerre, Urt, le Sud de Peyrehorade, Bellocq, Sauveterre, Navarrenx, Sud de Lasseube, Rébenacq, Montgaillard, Capvern, les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne, le Nord de la Bastide de Sérou, Foix, Celles, Bélesta (Ariège), Rennes-les-Bains, Cubières, Tuchan. Ces terrains occupent aussi le massif de Fontfroide ; dans la région occidentale, ils reparaissent au Nord de la grande bande dans une série d'anticlinaux (bombements de Pouillon-Tercis, de Saint-Sever-Audignon, de Roquefort, de Villagrains-Landiras).

Le Danien suit à peu près partout le Sénonien ; d'abord entièrement marin à l'Ouest, il devient saumâtre, puis lacustre ; la transformation est complète vers le Mas d'Azil. A l'Est le Danien, lacustre, s'avance vers le Nord beaucoup plus que le Sénonien : il pénètre dans la partie élevée des Corbières, occupe un liseré sur son versant septentrional et se montre dans la région de l'Alaric.

Au Sud, le Crétacé supérieur (Cénomanien excepté) qui présente une grande surface d'affleurement en Espagne, passe la frontière depuis le méridien de Saint-Jean-Pied-de-Port jusqu'à Argelès-de-Bigorre et reparaît aux environs de Gavarnie ; on ne le retrouve plus ensuite vers l'Est que dans le lambeau très restreint d'Amélie-les-Bains.

Transgressions et discordances. — La transgression cénomanienne est la plus nette et la plus importante de toutes celles que l'on peut constater dans la région pyrénéenne : le Cénomanien repose indifféremment sur tous les terrains, depuis le

Primaire le plus inférieur jusqu'à l'Albien, et presque toujours avec une discordance très nette.

Aucune autre discordance n'existe dans toute la hauteur du Crétacé supérieur qui est recouvert en concordance par l'Eocène.

Sur le versant méridional, la transgression a continué après le Cénomanien et, dans toute la zone frontière, c'est le Turonien ou même le Sénonien qui repose sur les terrains anciens.

III. — Groupe tertiaire (Système éocène)

Composition. — A l'Ouest, l'Eocène débute par quelques calcaires, puis la plus grande partie de son épaisseur est formée de marnes bleues ou grises, et il se termine par une assise gréseuse le long de la côte, une zone de poudingues dans l'intérieur.

A l'Est, les premières couches tertiaires sont constituées par un calcaire assez épais, suivi d'une alternance de marnes généralement grises, et de calcaires ; il se termine par une puissante assise de poudingues intercalés de quelques marnes et calcaires.

Le Miocène se compose de marnes plus ou moins calcaires et de poudingues ; quant au Pliocène, il comprend des argiles et des sables dans le bassin du Roussillon, des limons et des cailloutis sur les plateaux.

Faune. — Je ne puis donner ici une liste, même réduite, de la faune éocène de la région ; son étendue serait hors de proportion avec le développement de ce résumé. Je renverrai donc le lecteur aux divers volumes de la *Géologie des Pyrénées françaises* et je me bornerai ici à quelques observations.

Un fait qui a d'ailleurs frappé les plus anciens observateurs est la différence extraordinaire entre la faune éocène de l'Ouest (de Biarritz à Tarbes) et celle de l'Est (feuilles de Foix, Quillan, Narbonne) : il n'y a pour ainsi dire aucune espèce commune à ces deux régions.

Si l'on examine par exemple les Foraminifères, on constate l'existence à l'Ouest de *Nummulites aturicus* Joly et Leymerie, *N. lævigatus* Lamk., *N. crassus* Boubée, *N. Lucasi* Defr., *N. complanatus* Lamk., *N. Brongniarti* d'Arch., *N. contortus* Desh., *N. striatus* d'Orb., *N. Bouillei* de la Harpe, *N. vascus* Joly et Leymerie, *N. intermedius* d'Arch., *Orthophragmina discus* Rutimeyer, *O. sella* d'Arch., *O. stellata* d'Arch., *O. radians* d'Arch., *O. Fortisii* d'Arch., toutes espèces inconnues à l'Est : dans cette deuxième région, au contraire, on recueille *Nummulites atacicus* Leym., *N. Ramondi* Défr. qui, sans être tout à fait absentes à l'Ouest, y sont fort rares.

Que l'on étudie ensuite les Mollusques (spécialement les Cérithes et les Turritelles), les Echinides, les Annélides (*Serpula spirulea* Lamk., si abondante à Biarritz, absente des Corbières), on arrive au même résultat : les deux faunes n'ont aucune ressemblance et les espèces communes aux deux groupes sont en proportion infime.

La première idée qui se présente à l'esprit à la suite de cette constatation, c'est que

les deux groupes ne sont pas de même âge, mais si l'on se rappelle que, dans les Basses-Pyrénées et les Landes, la série éocène, entièrement marine, ne présente pas de lacunes, force est bien de revenir sur cette impression et d'admettre que la différence de faune provient d'une différence de faciès. Du côté de l'Océan, la mer, plus profonde, était largement ouverte ; vers la Méditerranée, il n'existait qu'un bras de mer resserré, assez peu profond pour que des couches lacustres se soient intercalées à divers niveaux et aient remplacé entièrement les couches marines à la partie supérieure.

Une première faune lacustre (feuilles de Narbonne et Carcassonne), montre *Physa prisca* Noulet, *Physa elongata* M. de Serres, une seconde *Physa prælonga* Math. et *P. Draparnaudi* Math. ; elles sont toutes deux à la base de l'Eocène. Après une suite de couches marines, on trouve une zone à *Bulimus Hopei* M. de Serres et *Lophiodon*, puis une autre à *Dactylius lævolongus* Boubée et *Palæotherium* qui termine l'Eocène.

Nature des sédiments. — Le long de la côte de l'Atlantique, l'Eocène est entièrement marin avec faciès vaseux dominant à la base, faciès sableux au sommet; mais déjà dans la moitié orientale de la feuille de Mauléon, la partie supérieure du système est composée de poudingues, dépôts d'estuaire au moins, sinon lacustres. Ces poudingues se continuent jusqu'à la feuille de Narbonne, mais en prenant un caractère franchement lacustre (intercalations de calcaires à fossiles d'eau douce ou terrestres dès la partie occidentale de la feuille de Pamiers).

La partie moyenne du système reste marine ou tout au moins saumâtre sur toute l'étendue de la chaîne, mais, vers la base, des bancs lacustres apparaissent à l'Est de la feuille de Foix, prennent plus d'importance en s'avançant vers l'Est, et finissent, sur la feuille de Narbonne, par occuper toute la base de l'Eocène.

Classification. — Le nombre des classifications proposées pour l'Eocène sous-pyrénéen est très considérable, surtout pour les couches de Biarritz ; les plus récentes pour cette dernière région, dues à MM. Seunes, Haug, Henri Douvillé et Boussac, ne concordent pas entre elles. Celle que j'adopte (voir le tableau ci-joint) se rapproche beaucoup de celle de M. H. Douvillé.

Région occidentale. — On peut distinguer dans la région occidentale trois groupes de couches dont les faunes sont bien individualisées :

1. Couches à *Nummulites lævigatus* Lamk., *N. aturicus* Joly et Leym., *N. Lucasi* Defr., *Assilina granulosa* d'Arch., *A. exponens* Sow., *A. spira* de Boissy, *Orthophragmina Pratti* Mich., etc.. C'est le Lutétien.

2. Zone à *Nummulites contortus* Desh., *N. striatus* d'Orb., *Orthophragmina Fortisii* d'Archiac. — Bartonien.

3. Ensemble à *Nummulites Bouillei* de la Harpe, *N. vascus* Joly et Leym., *N. intermedius* d'Arch., *Euspatangus ornatus* Defr., *Natica crassatina* Desh.. — Ludien - Sannoisien.

Le Ludien-Sannoisien et le Bartonien ne comportent pas de subdivisions dans l'état actuel des observations ; quant au Lutétien, il a été divisé en trois, mais la

	Feuilles de Bayonne, Saint-Jean-Pied-de-Port	Feuilles de Mauléon, Orthez, Mont-de-Marsan	Feuilles de Luz et Tarbes	Feuilles de Bagnères-de-Luchon et Saint-Gaudens	Feuilles de Foix et Pamiers	Feuilles de Prades, Quillan et Carcassonne	Feuilles de Perpignan et Narbonne (d'après M. Doncieux)
Ludien-Sannoisien	Marnes sableuses et calcarifères à *Nummulites Bouillei, vascus, intermedius*, *Operculina complanata*, *Euspatangus ornatus*, *Scutella subtetragona*. Biarritz au N. de la côte des Basques, Saint-Pierre d'Irube, Saint-Martin de Seignanx.	Couches de Gaas, Lesperon, Tuc du Saumon à *Natica crassatina*. Grès de Mugron et Buchuron. La Chalosse de Montfort. Préchacq.			Calcaire de Mas-Saintes Puelles et Villeneuve-la-Comptal à *Palæotherium* et *Dactylius lævolongus*.	Calcaire de Miraval à *Palæotherium* et *Dactylius lævolongus*.	
Bartonien	Marnes bleues de la côte des Basques, Saint-Barthélemy à *Nummulites contortus*, *N. striatus*, *N. Lucasi*, *Orthophragmina Fortisii*, *O. radians*, *Operculina ammonea*, *Serpula spirulea*.	Marnes de Peyrehorade, de Tercis, d'Orthez à *Orthophragmina sella*, *O. radians*, *Serpula spirulea*. Marnes grises à *Terebratulina tenuistriata* de la Chalosse. Sur la feuille de Mauléon, poudingue calcaire.	Poudingues calcaires du Sud de Pau, Hibarette, Orignac.	Poudingues (partie supérieure).	Mollasse de Castelnaudary; alternance de sables, grès, argiles et poudingues.	Mollasse de Carcassonne; poudingues de Malpère; conglomérats, grès grossiers et marnes (partie supérieure des poudingues de Palassou).	
Lutétien supérieur	Calcaire à *Nummulites aturicus*, *Lucasi*, *complanatus*, *Brongniarti*, *Assilina exponens*, *Orthophragmina Pratti*, *stellata*, *sella*, *radians*. La Gourèpe, S. de Bayonne, Urcuit, Saint-Pierre d'Irube, Saint-Barthélemy.	Couches à *Nummulites aturicus*, *complanatus*, *Orthophragmina Pratti* de Croix de Pourtau, Montfort. Donzacq, Peyrehorade, Orthez, Gamarde. ? Base des poudingues calcaires sur la feuille de Mauléon.	? Conglomérats calcaires (partie inférieure).	Poudingues (partie inférieure).	Poudingues et grès avec *Lophiodon subpyrenaicum* à Saint-Quintin; bancs calcaires à *Bulimus Hopei*, *Cyclostoma formosum*, *Strophostoma lapicida*.	Conglomérats de Palassou (partie inférieure); mollasse à *Lophiodon* d'Issel; bancs calcaires à *Bulimus Hopei*; calcaire de Ventenac.	Poudingues avec calcaires à *Bulimus Hopei*.
Lutétien moyen	Calcaire à *Nummulites aturicus*, *cras-* [illegible] *Assilina granulosa*, *spira*, *Operculina ammonea*, *Orthophragmina Archiaci discus*, *sella*, *stellata*, *Serpula spirulea*, de Peyreblanque (Biarritz), Ste-Marie de Gosse, St-Jean de Marsacq.	Couches à *Nummulites aturicus*, *Lucasi* [illegible] *meriei*, *Operculina ammonea*, *Orthophragmina Pratti*, *Archiaci*, de Donzacq. Bastennes, Gibret, Nousse, Peyrehorade, Cauneille, Orthez, Puyoo, Siest, Benesse, Baigts, Cassen. Goos, Gamarde, Ogenne, Meritein.	Calcaires et marnes à *Nummulites Lu-* [illegible] *lina planospira*, *A. Leymeriei*, *Orthophragmina Archiaci*, *Pratti*, *Chudeaui*. de Bos d'Arros. Gan, Piétat, Ossun, entre Orignac et Cieutat. Calcaires noirâtres et jaunes du Mont-Perdu et des Tours du Marboré à *Nummulites Ramondi*, *Lucasi*, *Assilina Leymeriei*, *Orthophragmina Pratti*.		Couche supérieure à Turritelles (à l'Est [illegible]) Crassatelles (*Crassatella plumbea*), *Nummulites Ramondi*, *atacicus*, *Assilina spira*, *Leymeriei*.	Couche supérieure à Turritelles (à [illegible] *Cras-satella*, *Ostrea uncifera*, *Velates Schmiedelliana*, *Nummulites atacicus*.	Grès à cérithes, *Cerithium Romani*, [illegible] *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*, *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Lutétien inférieur	Couches à *Nummulites lævigatus*, *atacicus*, *Assilina granulosa*, *spira*, *præspira* de Saint Barthélemy; marnes à *Xanthopsis*.	Couches à *Nummulites lævigatus*, *Murchisoni*. *Assilina granulosa*, *Alveolina oblonga*, de Cahurt, Hagetmau. Calcaire inférieur de Bastennes. Marnes sans fossiles de la feuille de Mauléon.	Calcaire à *Nummulites lævigatus*, *scaber*, *Murchisoni*. *Orbitolites complanatus*, de Pontacq et Orignac inférieur.	Couches principalement marneuses avec quelques bancs de grès et de calcaires (calcaires de Furnes). *Alveolina subpyrenaica*, *oblonga*, *Flosculina globosa*, *Operculina ammonea*. *Nummulites atacicus*, *Ramondi*, *Assilina Leymeriei*, *Orthophragmina Archiaci*, *Chudeaui*, *Pratti*, *Velates Schmiedelliana*, *Turritella trempina*.	Marnes à Turritelles. *Turritella trempina*, *figolina*, *rodensis*, *carinifera*, *Serpula corbarica*, *Trochocyathus sinuosus*, *Nummulites Ramondi*, *atacicus*. *Assilina Leymeriei*, *exponens*, *Orthophragmina Pratti*.	Marnes à Turritelles (niveau inférieur), de Couiza. *Turritella trempina*, *Trochocyathus sinuosus*.	Marnes à Turritelles. *Turritella figolina*, *ataciana*, *Dufrenoyi*, *Velates Schmiedeli*, *Trochocyathus sinuosus*, *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*, *Assilina Leymeriei*, *Operculina ammonea*, *granulosa*, *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Yprésien		Calcaire à *Nummulites planulatus*, *Murchisoni*, *Alveolina oblonga*, *Marelia Jacquoti* d'Hagetmau, de la Chalosse, de Saint-Sever.			Marnes et calcaires à Alvéolines très abondantes (*A. subpyrenaica*), *Operculina ammonea*, *Turritella rodensis*, *T. carinifera*, *Cerithium* cf. *subacutum*.	Calcaire à *Cerithium* cf. *subacutum*; conglomérats.	Marnes et grès à *Cerithium* cf. *subacutum*, *C. biseriale*, *Nummulites atacicus*, *Guettardi*, *Ramondi*, *Alveolina subpyrenaica*, *Flosculina melo*.
Sparnacien						Marnes rouges avec gypse à l'Est; marnes grises avec alvéolines à l'Ouest; bancs de grès et conglomérats: *Physa prælonga*, *Ph. Draparnaudi*.	Calcaire avec *Physa prælonga*, *Ph. Draparnaudi*, *Potamides funatus*, *Ostrea uncifera*.
Thanétien		? Calcaire à *Oriolampas Michelini* du Pont de Louer.		Calcaire à Miliolites formant des crêtes très accentuées. *Ostrea uncifera*, *Echinanthus*.	Calcaire à Miliolites, avec *Alveolina pyrenaica*, *Ostrea uncifera*, *Terebratula montolearennis*, *Echinanthus*; bancs lacustres. 60 mètres.	Calcaire à Miliolites avec intercalations lacustres à *Physa prisca*, *Limnea*, *Chara*. 25 mèt.	Calcaire lacustre compact à *Physa prisca*, *elongata*, *Melanoides thezanensis*.

partie inférieure seule est facile à reconnaître à cause de la présence de *Nummulites lævigatus* Lamk. et *N. scaber* Lamk.[1] Quant aux sous-étages moyen et supérieur, ils ne renferment pas de fossiles permettant de les séparer l'un de l'autre avec une certitude absolue.

L'Eocène inférieur n'existe pas sur la côte, ni dans les affleurements méridionaux : on ne le rencontre que dans l'angle N. E. de la feuille d'Orthez et sur celle de Mont-de-Marsan, représenté par les calcaires à *Nummulites planulatus* Lamk. *N. Murchisoni* Brünner, *Alveolina oblonga* d'Orb., et peut-être aussi par les calcaires à *Oriolampas Michelini* Cott..

Le Lutétien inférieur et le Lutétien moyen se poursuivent avec les mêmes faunes jusqu'à l'extrémité orientale de la feuille de Tarbes. Au contraire, les couches marines du Lutétien supérieur et du Bartonien se rencontrent uniquement sur les feuilles de Bayonne, Orthez et dans la partie méridionale de celle de Mont-de-Marsan, tandis que sur les feuilles de Mauléon et de Tarbes ces divisions sont représentées par les poudingues lacustres ou d'estuaire, connus sous le nom de « poudingues de Palassou ». Quant au Ludien-Sannoisien, il n'a été reconnu en dehors des environs de Bayonne, que dans l'angle nord-ouest de la feuille d'Orthez, dans la partie méridionale de celle de Mont-de-Marsan et à l'Est de Roquefort (Landes) sur la feuille de Montréal; il ne se montre ni sur la feuille de Mauléon ni sur celle de Tarbes.

Région orientale. — Après une interruption par le Miocène transgressif, l'Eocène reparaît dans les « Petites Pyrénées » (partie orientale de la feuille de Saint-Gaudens); quoique peu puissant, il présente déjà les caractères qu'il conservera jusqu'à la Méditerranée. On voit :

1. A la base, un calcaire rempli de Miliolites, d'où le nom sous lequel il est connu et renfermant en outre de nombreux *Echinanthus* et *Ostrea uncifera* Leym. ; il n'a pas fourni de Nummulites. — Thanetien.

2. Une série de marnes et calcaires marneux contenant *Nummulites atacicus* Leym., *N. Ramondi* Defr., *Assilina Leymeriei* d'Arch. et H., *Alveolina subpyrenaica* Leym., *A. oblonga* d'Orb., *Turritella trempina* L. Carez. — Cette assise, très peu épaisse, se rapporte au Lutétien inférieur et moyen, mais il semble probable qu'elle représente aussi l'Yprésien et le Sparnacien bien que ces étages n'aient pu être discernés. Autrement il faudrait supposer une lacune que rien ne fait considérer comme vraisemblable.

3. Poudingues de Palassou. Lutétien supérieur et Bartonien.

Sur les feuilles de Pamiers, Foix, Carcassonne et Quillan, l'Eocène est plus complet, et sa partie marine surtout devient plus épaisse et plus facile à subdiviser. De haut en bas :

1. Calcaire de Mas-Saintes-Puelles, Villeneuve-la-Comptal et Miraval à *Palæotherium* et *Dactylius lævolongus* Boubée. — Ludien-Sannoisien.

2. Molasses de Castelnaudary et de Carcassonne et poudingues. — Bartonien.

3. Poudingues de Palassou (partie inférieure) avec *Lophiodon*, *Bulimus Hopei* Marcel de Serres, *Cyclostoma formosum* Boubée. — Lutétien supérieur.

1. Ce niveau n'existe pas sur la côte au Sud de Biarritz.

4. Couches à *Crassatella plumbea* DESH., *Velates Schmiedelliana* CHEMNITZ, *Nummulites atacicus* LEYM., *N. Ramondi* DEFR., *Assilina spira* DE BOISSY, *A. Leymeriei* D'ARCH. et HAIME. — LUTÉTIEN MOYEN.

5. Marnes à Turritelles avec *Turritella trempina* L. CAREZ, *Serpula corbarica* MUN.-CH., *Trochocyathus sinuosus* AL. BRONGN., *Nummulites Ramondi* DEFR., *N. atacicus* LEYM., *Assilina Leymeriei* D'ARCH. et HAIME, *A. exponens* SOW., *Orthophragmina Pratti* MICH.. — LUTÉTIEN INFÉRIEUR.

6. Marnes et calcaires à Alvéolines très abondantes avec *Alveolina subpyrenaica* LEYM., *Operculina ammonea* LEYM., *Turritella rodensis* L. CAREZ, *T. carinifera* DESH., *Cerithium* aff. *subacutum* D'ORB, *Nummulites atacicus* LEYM., *N. Ramondi* DEFR., *Assilina Leymeriei* D'ARCH. et HAIME. — YPRÉSIEN et SPARNACIEN.

Sur les feuilles de Quillan et Carcassonne, marnes rouges avec gypse, calcaires, grès et conglomérats. *Physa prælonga* MATH., *Ph. Draparnaudi* MATHERON. — SPARNACIEN.

7. Calcaire à Miliolites avec *Alveolina subpyrenaica* LEYM., *Ostrea uncifera* LEYM., *Terebratula montolearensis* LEYM., *Echinanthus*. Intercalations de bancs lacustres devenant plus importants au Nord-Est et renfermant *Physa prisca* NOULET dans le massif de l'Alaric. — THANETIEN.

Sur les feuilles de Perpignan et Narbonne, le Ludien-Sannoisien et le Bartonien n'existent pas ; quant aux autres assises énumérées ci-dessus, elles s'y retrouvent avec de légères modifications. Toutefois, le Thanetien devient entièrement lacustre et le Sparnacien est, lui aussi, formé en majeure partie de sédiments d'eau douce. Il est à remarquer que M. Doncieux cite dans ce qu'il nomme Yprésien sur ces dernières feuilles *Nummulites atacicus* LEYM., *N. Guettardi* D'ARCH., *N. Ramondi* DEFR., *Alveolina subpyrenaica* LEYM., *Flosculina melo* D'ORB., c'est-à-dire une série de Foraminifères appartenant au Lutétien.

La classification de la partie orientale appelle quelques observations : en ce qui concerne les assises les plus élevées, je ne pense pas qu'il puisse y avoir beaucoup de controverses, bien que M. Vasseur mette les couches à *Bulimus Hopei* dans le Lutétien moyen au lieu du Lutétien supérieur pour une raison qui m'échappe. Les couches à Crassatelles et les marnes à Turritelles paraissent bien représenter respectivement le Lutétien moyen et le Lutétien inférieur ; mais les difficultés commencent avec les assises qui viennent au-dessous, notamment les calcaires à *Cerithium* cf. *subacutum* D'ORB. et les marnes à Alvéolines. Je les ai rapportées dans le tableau ci-joint (pp. 28) à l'Yprésien et au Sparnacien, comme je l'ai fait aussi sur la carte géologique à 1/80000 (feuilles de Quillan et Pamiers), mais j'hésite beaucoup à maintenir cette classification qui est motivée seulement par la présence de *Cerithium* cf. *subacutum* D'ORB. et *Cer. biseriale* DESHAYES. Or, après un examen attentif du premier fait à l'École des Mines avec M. Henri Douvillé, je considère les échantillons des Corbières comme tout aussi voisins, sinon plus, du *Cerithium echidnoides* LAMK., du Calcaire grossier supérieur de Paris que du *Cer. subacutum* ; quant au *Cer. biseriale*, je ne l'ai jamais recueilli, et il suffit de se reporter aux figures de M. Doncieux pour voir que ses échantillons, dépourvus de bouche, sont indéterminables [1]. D'autre part,

1. L. DONCIEUX. Monographie géologique et paléontologique des Corbières, pl. III.

M. Doncieux cite, sur la feuille de Narbonne, associées à ces Cérithes, trois espèces de Nummulites (*Nummulites atacicus* Leym., *N. Guettardi* d'Arch., *N. Ramondi* Defr.) qui se montrent dans le Lutétien des Corbières en abondance et qui sont partout considérées comme lutétiennes, en Algérie comme en France. J'ajouterai que les Nummulites yprésiennes (*Nummulites planulatus* Lamk., *N. Murchisoni* Brünner in Rütimeyer) font absolument défaut dans ces couches [1].

La paléontologie plaide donc pour l'âge *lutétien* et non *yprésien* des couches en question : ce qui me fait malgré cela hésiter à les attribuer au Lutétien, c'est que, dans cette hypothèse, rien ne représenterait ni l'Yprésien ni le Sparnacien et que pourtant il n'y a aucun indice d'arrêt de sédimentation ni de discordance dans toute la série, depuis le Crétacé supérieur jusqu'aux niveaux les plus élevés de l'Eocène.

Quant au calcaire à Miliolites, il a été rapporté au Thanétien à cause de la présence, dans les bancs lacustres intercalés, de *Physa prisca* Noulet et *Physa elongata* Marcel de Serres ; ces fossiles n'existent que sur la feuille de Narbonne et dans la partie orientale de celle de Carcassonne.

Étendue géographique. — L'Eocène marin forme une bande discontinue qui part de la côte de l'Atlantique à Biarritz, passe vers Peyrehorade, Navarrenx, Bos d'Arros, Pontacq, le Sud de Tournay, suivant partout le Crétacé supérieur. Interrompu par le plateau de Lannemezan, il reparaît dans les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne pour se suivre alors sans interruption jusqu'auprès de Durban ; il se porte ensuite vers le Nord et prend un grand développement dans la région de l'Alaric. Il est à remarquer que l'Eocène marin ne passe pas au Sud des Corbières, mais qu'il contourne par le Nord le massif primaire de Mouthoumet.

Dans la région occidentale, l'Eocène marin apparait en quelques points au milieu des terrains plus récents de la région de Dax et Saint-Sever ; on connaît même un gisement de Ludien-Sannoisien au N. E. de Mont-de-Marsan.

Telle est la distribution géographique de l'Eocène marin ; mais j'ai exposé ci-dessus que la plus grande partie de ce terrain devient lacustre à partir de Navarrenx vers l'Est. Aussi trouve-t-on de l'Eocène lacustre bien développé au Sud-Ouest de Pau : quelques lambeaux pointent ensuite au-dessous du Miocène jusqu'au Sud de Tournay. L'Eocène lacustre ne reparaît plus alors que dans les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne ; puis ses affleurements prennent un grand développement à partir de la vallée de l'Ariège et surtout dans la région de Carcassonne qui en est presque entièrement formée. Il ne pénètre pas dans la chaîne de Fontfroide.

Au Sud, l'Eocène, qui est si développé en Espagne, pénètre aussi en France ; il dépasse un peu la frontière sur la feuille d'Urdos, s'en approche beaucoup dans le massif du Mont-Perdu et l'atteint à la Bague de Bordeillat dans les Pyrénées-

1. M. Doncieux cite encore quelques autres espèces de l'Yprésien ou du Sparnacien du bassin de Paris : *Lampania* cf. *Fischeri* Desh., *Cerithium* aff. *labiatum* Desh., *Cer. pireniforme* Desh., *Potamides* cf. *funatus* Mantell, mais comme pour *C. biseriale*, il suffit de se reporter aux figures pour se convaincre que ces fragments de Cérithes sans bouche, sont absolument indéterminables. C'est d'ailleurs ***pour un seul d'entre eux*** que M. Doncieux a cru pouvoir se prononcer sans hésitation.

Orientales. Ces divers affleurements appartiennent au versant méridional des Pyrénées.

Transgressions et discordances. — On a vu ci-dessus que l'Eocène inférieur manque dans toute la région occidentale, sauf dans les environs de Saint-Sever et d'Hagetmau ; cette lacune est marquée par une discordance très nette le long de la falaise de Biarritz où le Lutétien moyen repose sur le Crétacé ou même le Trias. La discordance se reconnaît aussi dans les environs de Lasseube, Nay et Orignac : le Lutétien inférieur reposant sur divers niveaux du Crétacé supérieur (voir carte géologique à 1/80000, feuilles de Mauléon et Tarbes).

Je crois aussi à une discordance entre les marnes bleues de la Côte des Basques à Biarritz (Bartonien) et les marnes sableuses à *N. intermedius* du Vieux-Port (Ludien), l'inclinaison des deux séries étant différente.

Dans l'intérieur, il y a transgression des poudingues (Lutétien supérieur ? et Bartonien) ; ils reposent parfois directement sur le Crétacé supérieur (région de Lasseube et Bos d'Arros).

Dans la région orientale, au contraire, il n'y a aucune transgression ni discordance à signaler : l'Eocène succède régulièrement au Crétacé supérieur et toutes ses assises sont concordantes entre elles. C'est pour cela qu'il me paraît difficile d'admettre une lacune du Sparnacien et de l'Ypresien et que j'ai conservé ces étages dans le tableau de la classification générale, malgré les arguments paléontologiques que l'on peut faire valoir contre cette solution.

Il y a partout transgression du Miocène sur tous les terrains antérieurs ; le Pliocène de Perpignan est également transgressif.

IV. — Groupe quaternaire

Dépôts lacustres et fluviatiles. — Les dépôts de cette nature sont presque absents dans la partie montagneuse, peu développés dans la zone des hautes collines et ne prennent de l'importance que dans la plaine ; je n'ai donc que peu de chose à en dire dans ce travail.

Je me bornerai à rappeler que les deux vallées les mieux partagées sous le rapport des dépôts quaternaires, présentent quatre terrasses pouvant être rapportées à cet âge :

1. Alluvions récentes, a^2. — A quelques mètres au-dessus des rivières.

2. Alluvions anciennes, a^{1c}. Niveau non constant ; de 6 à 10 mètres au-dessus du précédent.

3. a^{1b}. — De 10 à 15 mètres au-dessus du deuxième niveau. Synchronique de la faune à *Ursus spelæus* Blum. et Renne, trouvée dans les grottes.

Deuxième extension glaciaire.

Faune de Montsaunès et Montmaurin à *Hyena brunnea* Thunb. et *Rhinoceros Merckii* Kaup dans les grottes.

4. A 30 ou 35 mètres plus haut que le numéro 3, se voit une quatrième terrasse, a^{1a}.

Première extension glaciaire.

Les dépôts quaternaires fluviatiles n'ont jamais fourni aucun fossile dans la région à laquelle je borne mon étude; aussi est-ce seulement par la faune recueillie dans les grottes que l'on peut arriver à dater les diverses terrasses. Ce procédé est d'ailleurs suffisant puisqu'il est évident qu'une grotte n'a pu être habitée que lorsque le niveau des eaux ou des glaces est devenu inférieur à celui du sol de la grotte. J'ai été ainsi amené à considérer qu'il existe dans la partie moyenne du cours des principales rivières du versant nord des Pyrénées, quatre terrasses quaternaires se poursuivant avec régularité. Deux niveaux de cailloutis se montrent encore à des niveaux plus élevés : je rapporte le premier au Pliocène, le second au Miocène supérieur (plateau de Lannemezan).

Je n'admets que deux périodes d'extension glaciaire, la première datant de la fin du Pliocène, la seconde étant comprise entre la faune à *Hyena brunnea* Thunb. et celle de l'*Ursus spelæus* Blum. et du Renne. Je sais bien que pour M. Penck, ce nombre doit être porté à trois et pour M. Obermaier, à quatre, mais l'opinion de ce dernier n'est basée que sur l'existence d'un pareil nombre de terrasses [1]. Or, si les terrasses marquent des phases successives du creusement des vallées, rien ne prouve que ces phases correspondent à un avancement des glaciers.

En ce qui concerne spécialement le cailloutis du Lannemezan, le plus ancien de ceux considérés comme glaciaires par M. Obermaier, il me paraît tout à fait abusif de lui donner cette origine, uniquement parce qu'il présente au milieu d'un amas de cailloux roulés, quelques gros blocs à angles peu émoussés.

CHAPITRE II. — ROCHES ÉRUPTIVES

Je ne m'occuperai pas ici de l'étude des roches éruptives en elles-mêmes : je me bornerai à indiquer pour chacune d'elles l'âge d'éruption et l'étendue de ses affleurements.

Granites et granulites. — Tous les géologues sont d'accord pour admettre que des granites ont fait éruption à diverses époques de l'ère primaire jusqu'au Carbonifèrien inclus ; mais un certain nombre déclarent qu'il n'y a pas eu d'éruptions granitiques plus récentes, alors que d'autres en reconnaissent ayant traversé le Trias et même le Crétacé inférieur. Je considère comme bien établi que des filons de granite et de granulite ont traversé le Trias : je citerai comme gisements incontestables de cet âge ceux des environs de Salies-du-Salat et de Betchat dans les Petites Pyrenées et du Mas Santol dans les Pyrénées-Orientales.

Mais y a-t-il aussi du granite crétacé? La discussion sur ce sujet n'est pas nouvelle : elle était déjà ouverte entre Leymerie et Magnan, le dernier considérant tous les granites comme primaires, alors que le premier en reconnaissait de plus récents, et elle n'est pas encore close. Sur la feuille de Tarbes de la carte géologique

1. D'après l'analyse du travail de M. Obermaier, par de Lapparent, dans *la Geographie*, t. XIII, p. 417. Je n'ai pas vu le travail original.

à 1/80000, j'ai indiqué plusieurs pointements de granite et de granulite dans le Crétacé inférieur, pointements parfois entourés d'une auréole de schistes métamorphisés, transformés en gneiss et micaschistes, et malgré la difficulté de donner une démonstration absolue de cette manière de voir, je crois encore qu'elle est exacte. Pour la contredire, il faudrait prouver que la grande étendue de schistes que je rapporte au Crétacé inférieur sur cette feuille doit être attribuée en partie au Primaire ; non seulement cette preuve n'est pas faite, mais au contraire tous ceux qui ont examiné ces schistes, notamment ceux de Julos, trouvent qu'ils ne ressemblent en rien à ceux des différentes assises primaires de la région.

Des granites crétacés ont été signalés par divers auteurs dans d'autres points des Pyrénées : je ne crois pas à leur existence.

Les principaux massifs granitiques sont les suivants : celui de la Haya (presque entièrement en Espagne), ceux des Eaux-Chaudes, du Pic du Midi d'Ossau, de Cauterets, de Néouvielle, de Bordères, du Pic du Midi de Bigorre, de Bagnères-de-Luchon, du Mont-Vallier, de Castillon (Ariège), de Lacourt au Roc d'Amplaing, de la Barguillère, des Trois-Seigneurs, entre Miglos et Vicdessos, entre Auzat et le Pic de Carbouère, du Pic de Neych, de la vallée d'Aston, des environs de Mérens, du sud d'Ax, du Saint-Barthélemy, de Rodome, Bessède, Salvezines, de Lansac, de Quérigut, de Sournia, de Montlouis, du Canigou, du Roc de France, de la Forêt de Sorède.

Pegmatite. — Les pegmatites accompagnent fréquemment les granites de tous âges ; elles se montrent traversant le Trias de Betchat.

Syénite. — Les syénites n'occupent jamais que des surfaces d'affleurement très restreintes ; elles ont traversé, sans aucun doute, les schistes du Crétacé inférieur (feuille de Tarbes).

Une mention spéciale doit être faite de la syénite éléolithique de Pouzac, certainement plus récente que l'ophite qui l'entoure.

Les syénites sont presque cantonnées sur la feuille de Tarbes ; pourtant une syénite néphélinique existe sur la feuille de Perpignan où elle a traversé le Trias.

Microgranulite. — La microgranulite existe en filons dans le granite et dans tous les étages du Primaire, sauf le Permien.

Porphyre. — Dans le Silurien, le Dévonien et le Carbonifère. Les seuls affleurements étendus sont au Pic du Midi d'Ossau et dans les environs.

Ophite. — Les pointements d'ophite sont extrêmement nombreux sur toute l'étendue de la chaîne, sauf sur la feuille de Quillan et sur la moitié orientale de celle de Foix ; leurs dimensions sont généralement restreintes.

La plupart de ces pointements se trouvent incontestablement dans le Trias : il y en a aussi dans le Lias, la dolomie jurassique, l'Aptien et l'Albien. Je n'en connais pas de plus récents et je ne crois pas qu'il en existe, quoique l'opinion contraire ait été fréquemment soutenue : toutes les fois que l'ophite se trouve en contact avec des couches plus récentes que l'Albien, c'est par discordance de dépôt ou par suite d'un phénomène mécanique.

Lherzolite. — Cette roche a commencé à venir au jour un peu plus tard que l'ophite et a cessé plus tôt ; ses pointements se montrent depuis le sommet du Trias jusqu'à l'Aptien. Elle se voit dans quelques pointements sur les feuilles de Mauléon et de Tarbes, devient plus fréquente sur celle de Bagnères-de-Luchon et prend son principal développement sur celle de Foix, dans le massif montagneux entre Aulus et Prades (Ariège). Elle n'est pas connue plus à l'Est.

Serpentine. — La serpentine traverse le Lias, le Jurassique moyen, l'Aptien, l'Albien et le Cénomanien ; ses affleurements, assez rares, sont cantonnés sur les feuilles de Mauléon, Tarbes et Bagnères-de-Luchon.

Les principales autres roches, occupant toutes de très petites surfaces, sont : porphyrite (granite, Dévonien, Aptien, Albien) ; diabase (granite, Dévonien, Jurassique moyen, Aptien, Albien) ; diorite (granite, Dévonien, Aptien, Albien) ; avezacite (Albien) ; picrite (Albien) ; monzonite néphélinique (Cénomanien).

CHAPITRE III. — STRUCTURE

I. — Zones orographiques et géologiques

Zones orographiques. — 1. Zone montagneuse. Cette zone suivie par la ligne frontière n'est franchement montagneuse que dans la partie centrale de la chaîne où elle renferme des sommets atteignant de 2500 à 3300 mètres sur les feuilles de Prades, Foix, L'Hospitalet, Bagnères-de-Luchon et Luz. Des deux côtés de cette partie centrale, les montagnes s'abaissent progressivement aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest, mais en conservant encore une altitude notable jusqu'aux approches des mers : 900 mètres à la Rhune du côté de l'Atlantique, crêtes se maintenant au-dessus de 1000 mètres sur la feuille de Céret, jusqu'à une très faible distance du cap Cerbère.

Du Sud au Nord la hauteur des sommets diminue, tout en se maintenant encore assez forte sur une grande étendue dans la partie centrale ; c'est ainsi que le Saint-Barthélemy, près de Foix, atteint encore 2004 mètres, soit 900 mètres seulement de moins que les points les plus élevés du voisinage de la frontière sur le même méridien.

Cette zone, en dehors de son altitude, est encore caractérisée par ses vallées étroites et profondes, à flancs abrupts ; il n'est pas rare que la différence de niveau entre les sommets et le fond des vallées atteigne 1500 mètres.

La limite septentrionale de cette zone est souvent très nette ; elle est alors marquée par un ressaut brusque, depuis longtemps signalé par les anciens auteurs sous le nom de *fosse de Flamichon*, et surtout visible sur les feuilles de Mauléon, Tarbes, Foix et Quillan. Je fais passer la limite par Biriatou, Saint-Pée-sur-Nivelle, Cambo, Hasparren, Suhescun, Saint-Just-Ibarre, Tardets, Lurbe, Arudy, Arthez

d'Asson, Lourdes, Germs, Bagnères-de-Bigorre, Banios, Hèches, Bazus-Neste, Seich, Siradan, Moncaup, Aspet, Arbas, Cazavet, Saint-Girons, Castelnau-Durban, Saint-Martin-de-Caralp, Foix, Freychenet, Bélesta (Ariège), Sud de Puivert, Nord de Quillan, Pic de Bugarach, Cubières, Padern, Estagel, Millas, Thuir, le Boulou, Collioure.

2. Zone des collines. Au Nord de la zone montagneuse, vient une zone de collines plus ou moins élevées (feuilles de Bayonne, Mauléon, Foix, Quillan) ou de plateaux (feuilles de Tarbes, Saint-Gaudens) s'abaissant graduellement au Nord. La régularité de cet abaissement est troublée par l'existence de plusieurs massifs relativement élevés : les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne qui surgissent des plateaux de la feuille de Saint-Gaudens ; les pechs de Saint-Sauveur et de Foix sur la feuille de Foix ; le massif de Mouthoumet sur la feuille de Quillan et le massif de l'Alaric sur celle de Carcassonne.

Dans cette zone les vallées sont larges, à bords peu escarpés, et la différence de niveau entre le thalweg et les sommets est peu considérable. Seuls les massifs que je viens d'énumérer ont des caractères mal définis se rapprochant de ceux des régions montagneuses : ceci est surtout à signaler pour le massif de Mouthoumet.

Zones géologiques. — *1. Zone crétacée supérieure et éocène du versant méridional.* Cette zone est presque entièrement située en Espagne et pénètre fort peu sur le territoire français. Elle dépasse un peu la frontière sur les feuilles de Mauléon et d'Urdos, constitue les hautes montagnes du Sud de Gavarnie (Marboré, Mont-Perdu, etc.), puis s'éloigne vers le Sud pour entrer de nouveau en France seulement vers Coustouge et la Manère dans les Pyrénées-Orientales. Les affleurements isolés du pic de Ger près Eaux-Bonnes, du pic Bazès sur la feuille de Tarbes, d'Amélie-les-Bains sur celle de Prades, sont des lambeaux avancés appartenant à cette zone.

2. *Zone primaire centrale.* Formée des différentes assises du groupe primaire et des massifs granitiques qui les ont traversées, cette zone débute par le massif de la Rhune à une très faible distance de l'Océan, puis après une très courte disparition sous le Crétacé supérieur, le Primaire s'étale beaucoup au méridien de Saint-Etienne-de-Baigorry où il se montre depuis Hasparren jusqu'à Roncevaux en Espagne. Il occupe une bande beaucoup plus étroite sur la feuille de Mauléon, où il pénètre par Esterençuby et se poursuit par Larrau et Sainte-Engrace ; il devient alors beaucoup plus large et englobant quelques parties de Crétacé supérieur, recouvre toute la partie française de la feuille d'Urdos, ainsi que la partie méridionale de celle de Mauléon. A partir de la limite occidentale des feuilles de Tarbes et Luz jusqu'à la Méditerranée, le Primaire se montre sur toute la longueur de la frontière, sauf aux deux points indiqués ci-dessus (Sud de Gavarnie, environs de Coustouge) ; quant à la limite septentrionale de la zone, elle passe au Nord de la Rhune, à Hasparren, vers Saint-Jean-Pied-de-Port, à Licq-Atherey, Asté-Béon, Ferrières, Ayzac, Ourdis, les Arribas, la vallée de l'Adour entre Campan et Sainte-Marie, Sarrancolin, le Sud du Pic de Montlas, de Cap de Rié, de Cap del Mount, au col de Menté, à Saint-Lary, aux Bordes-de-Castillon, à Moulis, Aulus, Vicdessos, Tarascon, Caussou, Camurat, la Forêt de Niave, Fontanès, Sainte-Colombe, Rabouillet, Sournia, Força

Réal, se porte alors au Sud en contournant vers l'Ouest la dépression de Perpignan, passe au Boulou, à Argelès-sur-Mer et vient enfin aboutir au cap Béar.

3. Zone de Trias, Jurassique et Crétacé inférieur. A l'Ouest elle est presque entièrement recouverte par le Cénomanien transgressif qui laisse seulement pointer quelques affleurements de Biriatou à Sare et d'Espelette à Hasparren. Il faut aller jusqu'à Saint-Jean-Pied-de-Port pour voir cette zone s'établir nettement ; sa limite septentrionale passe par le Pic d'Elaudy, Menditte, le Pic d'Ereteu, Aramits, Arudy, Rébenacq, Ossun, Montgaillard, Mauvezin, Montréjeau, Ganties, Taurignan, Aillères, Vernajoul ; en ce point la bande envoie vers Lavelanet une digitation qui s'enfouit sous des couches plus récentes avant d'arriver à cette ville et se porte au Sud pour contourner la vallée crétacée supérieure de Celles. Sa limite septentrionale passe alors vers Celles, Bélesta (Ariège), le Nord de Quillan, le pic de Bugarach, Padern, puis se porte au Nord par Durban dans la direction de Lézignan. Dans cette bande sont enclavés des affleurements d'autres terrains que le Trias, le Jurassique ou le Crétacé inférieur. Ce sont d'abord quelques lambeaux de Crétacé supérieur (Arbas, Oust, Saurat), puis des apparitions bien plus importantes de terrains primaires et de granite : le premier est celui d'Hosta, les autres constituent la quatrième zone.

4. Zone de Primaire et de granite. Cette zone est discontinue ; elle se compose d'une suite d'affleurements entourés par le Secondaire inférieur. Le premier à l'Ouest (celui d'Hosta étant mis à part) est celui de Mauléon-Barousse qui commence à Sarrancolin pour se terminer à Saint-Béat ; le second est le massif de Milhas ; puis viennent : celui des Trois-Seigneurs s'étendant de Castillon à Capoulet ; celui du Prat d'Albis et du Saint-Barthélemy qui émerge du Secondaire à Lacourt et vient s'enfoncer à nouveau sous le Secondaire du massif de l'Affrau et du signal de Caussou. A l'Est de cet important massif, le Primaire apparaît dans d'étroites boutonnières à Camurat, Espezel, Bessède-de-Sault, Salvezines, mais il se montre de nouveau plus largement à partir de Fenouillet et vient par Lansac rejoindre au Sud d'Estagel la zone primaire centrale (numéro 2).

5. Zone cénomanienne. Au Nord de la troisième zone vient une bande où le Cénomanien est le terrain dominant, presque exclusif ; on y trouve quelques pointements très limités de terrains primaires et de Crétacé inférieur. Cette zone débute sur la côte de l'Atlantique où elle va de Bidart jusqu'à la frontière espagnole ; elle est très développée sur les feuilles de Mauléon et d'Orthez où sa limite septentrionale passe par Bidache, Navarrenx, le Nord d'Oloron. Elle se rétrécit beaucoup en pénétrant sur la feuille de Tarbes où elle est seulement jalonnée par quelques affleurements discontinus ; elle reprend de l'importance au méridien de Saint-Gaudens pour disparaître définitivement vers la Bastide de Sérou.

6. Zone de Crétacé supérieur et d'Eocène. Partant de l'Océan au Nord de la zone précédente, elle passe par Bayonne, Peyrehorade, Navarrenx, Gan, les Bains de Capvern ; elle disparaît sous les dépôts miocènes du plateau de Lannemezan pour venir de nouveau au jour dans les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne et se continuer par Mas d'Azil, Lherm, Lavelanet, Couiza ; elle est alors très

développée et s'étend au Nord jusqu'aux premiers contreforts de la Montagne Noire. Il y a dans cette zone des affleurements de Trias.

7. Zone primaire des Corbières. Cette zone qui s'étend d'Alet à Durban est entourée de trois côtés par la zone 6 et du quatrième côté (Est) limitée par la zone 3.

8. Zone miocène et pliocène. Elle occupe toute la plaine de Dax, Pau, Tarbes et Pamiers, mais s'arrête à la limite de la feuille de Carcassonne ; elle ne continue pas au delà vers l'Est.

9. Zone pliocène de Perpignan. Enfin la dépression où s'est déposé le Pliocène des environs de Perpignan mérite d'être distinguée comme zone spéciale ; elle est limitée au Sud par la zone 2 et au Nord par la zone 3.

II. — Axe de la chaîne

Dans une chaîne de montagnes comme les Pyrénées, où les mouvements orogéniques ne se sont pas bornés à des plissements simples, mais où, bien au contraire, les chevauchements sont innombrables, l'emplacement de l'axe n'est pas toujours facile à déterminer par suite de l'apparition à plusieurs reprises, sur le même méridien, des couches les plus anciennes. Sous cette réserve, je désigne comme axe de la chaîne (A, pl. I), l'anticlinal indiqué par la présence de couches siluriennes dans la haute vallée de Baigorry auprès des Aldudes. Ce pli pénètre sur la feuille de Mauléon vers Esterençuby, suit la bande primaire de Larrau, passe à Bedous et à Laruns. De ce point, l'axe oblique au Sud, passe par le Nord d'Eaux-Bonnes, Arrens, le pic de Viscos et le massif de Néouvielle ; au delà, l'anticlinal que nous suivons s'abaisse rapidement et est relayé par un autre accident plus méridional. Il n'y a donc pas un axe unique et régulier allant d'un bout à l'autre de la chaîne.

L'anticlinal qui devient maintenant l'axe de la chaîne en se portant vers l'Est a débuté sur la feuille d'Urdos, mais, moins important que celui qui passe par Laruns, il ne faisait pas apparaître les couches siluriennes ; c'est seulement à partir de Héas qu'il amène au jour des assises très anciennes. Il passe ensuite par le pic de Lustou, la haute vallée de la Neste de Louron, vers le pic Spijeoles et le pic Quairat, longe au Nord la frontière franco-espagnole, pénètre en Espagne au sommet de l'Escalette, passe au Sud de Viella, de Salardu et de Tabescan, laisse au Nord le pic du Port Médocourbe, traverse l'Andorre, puis, rentrant en France, passe au Nord de l'Hospitalet, à l'étang du col Rouge, entre Montlouis et Fourmiguères, vers Olette, Corneilla de Conflent, Fillols, Ballestavy, Oms, le Sud du Boulou. Arrivé au méridien d'Argelès, il se courbe brusquement au Sud pour pénétrer en Espagne, et par Llansa, aboutir au cap de Creus.

Je rappellerai ici, ce qui a été observé depuis fort longtemps, que l'axe géologique de la chaîne ne correspond pas à l'axe topographique. En partant de l'extrémité occidentale, la ligne des points culminants [1] est d'abord un peu au Nord de l'axe

1. Cette ligne ne correspond pas non plus à la ligne de partage des eaux.

géologique, mais elle passe au Sud de ce dernier dès la traversée du Val Carlos pour pénétrer dans le Crétacé supérieur et suivre dans ce même terrain par le Mont Orsansurieta, le pic d'Orhy, le pic d'Anie. De là, elle traverse le massif primaire par le pic du Midi d'Ossau et le Vignemale, toujours d'ailleurs au Sud de l'axe, puis atteignant le Marboré et le Mont Perdu, elle est de nouveau occupée par le Crétacé supérieur ou même l'Eocène.

La ligne des points culminants rejoint alors les affleurements primaires ou granitiques, mais en restant toujours au Sud de l'axe par les Posets, la Maladetta, la Punta alta, le pic de Peguera ; au delà, elle passe au Nord de l'axe par le pic des Estats et le Montcalm, rejoint l'axe au pic de Serrère, le suit pendant quelque temps, puis le longe à une faible distance au Sud jusqu'au cap Creus par le Canigou, le Puig de Lestelle, le pic de Salinas.

La ligne des points culminants est donc presque partout au Sud de l'axe.

III. — Plis

Les principaux plis reconnus dans les Pyrénées sont figurés sur la planche I, les anticlinaux en traits pleins, les synclinaux en lignes discontinues ; les premiers sont numérotés en chiffres romains, les seconds en chiffres arabes. Les plis qui intéressent le Primaire sont tracés en rose ; ceux qui ont modifié l'allure du Secondaire ou du Tertiaire en bleu. Je vais passer en revue les principaux d'entre eux en commençant par le versant septentrional et par la côte de l'Atlantique [1].

a. Versant septentrional

Le premier synclinal au Nord de l'axe tel que je l'ai défini ci-dessus (synclinal n° 1) vient d'Espagne par Maya et se dirige au N.E. jusque vers Bidarray ; là il se recourbe brusquement au Sud pendant une dizaine de kilomètres, puis il se porte à l'Est, ensuite au S.E., et après une série d'ondulations dont la résultante est la direction ouest-est, il se termine à la vallée d'Ossau. Son axe est occupé d'abord par le Trias, puis successivement par le Lias, le Jurassique moyen et le Crétacé inférieur. Son flanc septentrional est faiblement incliné ; son flanc méridional vertical ou renversé au Nord dans sa partie orientale.

L'anticlinal I vient de Tolosa en Espagne, passe à Vera, au Sud de la frontière, et se dirige sur Mendionde ; dans cette première partie, il a une direction générale Sud-Ouest - Nord-Est quoique avec des ondulations considérables. Après Mendionde, il se porte au S.S.E. jusqu'à Lacarre (il est d'ailleurs difficile à suivre dans ce parcours), puis se dirige presque Ouest-Est (avec légère inclinaison au Sud) jusqu'à Aussurucq. Il se perd pendant quelque temps pour reparaître à Montory avec la même direction qu'auparavant, E. quelques degrés S. ; à Sarrance il cesse, mais est relayé par un autre anticlinal (*I'*) situé un peu plus au Nord. Ce dernier n'a pas

1. J'ai étendu au versant méridional le tracé des plis et accidents, anticipant ainsi sur le travail d'ensemble que je compte consacrer aux Pyrénées espagnoles.

une longue existence et disparaît peu après le col d'Aran. Dans le Crétacé inférieur et le Lias, à son origine en Espagne, cet anticlinal passe dans le Silurien, le granite, le Carboniférien; puis, son axe s'abaissant, il n'est plus jalonné que par des couches secondaires : Trias, Lias, Crétacé inférieur, sauf entre Lacarre et la Bidouze où il rencontre le Permien et le Carboniférien.

Le *synclinal 17* commence à la côte près Saint-Jean-de-Luz, se porte au N.E. jusqu'à Hasparren pour se courber alors au S.E. comme les plis précédents, passe vers Saint-Palais, Féas, Arros; de là, il se dirige à l'Est vers Sévignacq et se relève un peu vers le Nord jusqu'au Sud d'Ossun où il se termine. Il est situé, de son origine jusqu'à Buzy, dans le Cénomanien, puis il suit des affleurements de Crétacé inférieur ou moyen.

L'anticlinal XXII part de la plage aux abords des cuisines du baron de l'Espée près Biarritz, suit un tracé onduleux, descend vers le Sud à Villefranque, remonte au Nord jusqu'à Orthevielle, s'incline alors au S.E. et se divise en deux branches qui se terminent l'une et l'autre à peu de distance après avoir pris la direction Nord-Sud.

Ce pli est jalonné d'abord par du Trias, puis par des affleurements discontinus de Crétacé inférieur ou de Trias émergeant au milieu des formations plus récentes. La direction suivie par cet anticlinal présente, comme celle des plis précédents, une convexité très prononcée vers le Nord, aux abords d'Orthevielle, mais une autre ligne de points hauts, jalonnée par des pointements de Trias, suit une direction toute différente : c'est celle que j'ai notée XXII[1] et qui va de Briscous à Cassaber, dessinant la corde de l'arc formé par l'anticlinal XXII dans cette partie.

Entre les deux branches XXII et XXII[1] se trouve le *synclinal 18*.

L'anticlinal XX relaie en quelque sorte le précédent. Il commence vers Méharin, se dirige E.S.E., marqué par un bombement d'Albien au milieu du vaste affleurement cénomanien, jusqu'au droit de Moncayolle. Il ne peut être suivi à partir de ce point dans le Cénomanien très uniforme, mais devient de nouveau discernable à l'Est d'Oloron pour se continuer jusqu'à Asson marqué par des affleurements aptiens ou albiens.

Au Nord de l'anticlinal XXII, se voient le *synclinal 19* (Tortonien de Saubrigues), puis *l'anticlinal XXIII.* Les sables des Landes empêchent de voir les terrains sous-jacents dans la région voisine de la mer : aussi est-ce seulement auprès de Tercis qu'apparaît un bombement crétacé avec axe triasique. Un autre affleurement de Trias se remarque à Dax et tous deux forment les branches d'un anticlinal qui passe à Benesse-les-Dax ; difficile à suivre pendant quelque temps, il devient de nouveau bien visible, avant la traversée de l'Adour, par l'apparition de Crétacé inférieur indiquant une ligne de points hauts. Il se perd définitivement au N.E. de Navarrenx, après avoir suivi une direction Nord-Ouest - Sud-Est assez voisine de celle des plis précédents à l'Est de leur avancée vers le Nord.

Le *synclinal 20* n'a que peu d'importance, puis vient l'*anticlinal XXIV* indiqué par des affleurements crétacés ou éocènes de Préchacq à Aire ; sa direction, assez aberrante dans cette région, est Ouest-Est quelques degrés Sud.

Le pli suivant est le *synclinal 21* dont le tracé est très hypothétique au milieu des sédiments miocènes et enfin on rencontre l'*anticlinal XXV* dont la direction, bien marquée par les affleurements crétacés de Roquefort, Créon, Castéra-Verduzan, est N.115°E..

Ce pli est le dernier au Nord dont j'ai à m'occuper dans cette étude ; je vais maintenant continuer la marche vers l'Est, en reprenant une nouvelle série aux abords de l'axe.

Le *synclinal 2* débute un peu avant la traversée de la vallée d'Ossau, passe vers Béost, Arbéost, Argelès et se termine entre les anticlinaux V et VI qui se réunissent au Sud du col d'Aspin. Direction Ouest-Est, puis Nord-Ouest - Sud-Est, Axe en Carboniférien, puis Dévonien inférieur.

Le *synclinal 16* commence auprès d'Aramits pour se diriger vers le col de Marie-Blanque ; il disparaît ensuite momentanément sous les dépôts glaciaires pour se montrer de nouveau après la traversée de la vallée d'Ossau et se poursuivre régulièrement dans tout le massif entre cette vallée et celle du Gave de Pau, qu'il traverse à Lugagnan ; il se continue au-delà, gagne Sainte-Marie de Campan, puis Beyrède-Jumet où il disparait. Ce synclinal est dans l'Albien jusqu'à la vallée d'Ossau ; ensuite il suit des affleurements soit aptiens, soit albiens jusqu'à Beyrède-Jumet.

Le flanc nord de ce synclinal 16 est souvent incomplet ou a même entièrement disparu par places (entre la vallée d'Aspe et le col de Marie-Blanque ; entre Sainte-Marie-de-Campan et la vallée d'Aure).

L'*anticlinal XXI* surgit brusquement auprès d'Issor, suit la crête de Mail Arrouy, passe à Bielle, et après quelques ondulations se termine entre Lourdes et Bagnères. Sa direction générale est sensiblement Ouest-Est ; son axe est marqué par du Jurassique moyen, du Lias, puis de l'Aptien. L'anticlinal XXVIII en est probablement le prolongement.

Le *synclinal 25* dans le Gault de Labarthe, n'a qu'une faible longueur.

Passant alors à une nouvelle tranche à l'Est, je trouve le *synclinal 3* qui débute entre l'axe principal et une branche qui s'en détache au Sud d'Aucun. Le synclinal passe vers Soulom, Barèges, le Sud du pic de l'Arbizon, Avajan, Antignac dans la vallée de la Pique, vers Canéjan, la sierra de Escorchada où il se divise en deux branches ; la plus septentrionale se porte directement à l'Est et cesse bientôt ; l'autre vient se souder, au port de Salau, au synclinal 5 que j'étudierai tout à l'heure. Il est indiqué fréquemment par du calcaire dévonien, mais se trouve parfois dans le Silurien (Pontaut).

Anticlinal V. Il commence à l'Est de Pierrefitte, se dirige Est-Sud-Est et n'a pas été reconnu au delà de la vallée d'Aure. Son tracé est marqué par des affleurements de Silurien.

L'*anticlinal VI* débute aux environs de Gazost contre le grand accident qui limite le Secondaire et le Primaire et vient se réunir au précédent à Quatre-Véziaux. Il est indiqué par du Silurien, puis du Dévonien inférieur.

Le *synclinal 22* commence à la vallée de l'Adour vers Campan pour se porter sur Ilhet et Sost, dans l'Aptien et l'Albien à l'Ouest de la vallée d'Aure.

dans le calcaire aptien à l'Est de cette même vallée. Je le considère comme se prolongeant, malgré plusieurs interruptions, par l'affleurement des calcaires cristallins de Cierp et de Saint-Béat (calcaires aptiens entre deux zones primaires).

Anticlinal XXVI. Il commence auprès de Bagnères-de-Bigorre, dirigé S.E., puis, s'inclinant un peu vers le Nord, arrive à la vallée d'Aure auprès de Sarrancolin. Je considère comme la suite du même pli, bien que la continuité n'en soit pas évidente, celui qui, sur la rive droite de la vallée d'Aure, passe au Nord du pic Pécarre, se dirige presque au Nord sur un court trajet, puis se porte de nouveau à peu près à l'Est pour se terminer au Sud de Saint-Gaudens. Dans la première partie, son axe est occupé par le Lias ou même le Trias ; vient ensuite le Primaire dans la zone de raccordement douteux, après quoi le pli se suit facilement par une bande de dolomie jurassique au milieu du calcaire aptien, puis par le calcaire aptien lui-même.

Le *synclinal 23* et l'*anticlinal XXVII* sont l'un et l'autre de faible longueur : ils vont de la vallée de l'Adour à la vallée d'Aure. Le premier est dans les marnes schisteuses de l'Aptien supérieur ; le second est constitué par un bombement primaire (Permien de Pé-de-Lalizau), puis par de l'Aptien.

Plus au Nord, le *synclinal 24* et l'*anticlinal XXVIII* commencent à se dessiner aussi à peu de distance de Bagnères-de-Bigorre, mais ils continuent à l'Est un peu plus loin que les précédents : jusqu'auprès de Montréjeau. Leur direction est vers S.S.E. dans la première partie du parcours, E. quelques degrès N. dans la deuxième ; le synclinal est dans les schistes aptiens supérieurs ou albiens, l'anticlinal dans le Lias ou l'Aptien.

Le *synclinal 4* débute à la vallée de la Neste-de-Louron, passe au pic de l'Entécade, à Viella, et semble venir se terminer vers Salardu, mais cette région est encore incomplètement explorée. Sa direction moyenne est Ouest-Nord-Ouest - Est-Sud-Est ; il est constitué par le Carboniférien d'abord, puis par le Dévonien.

L'anticlinal II n'est reconnu que depuis le Sud de Bagnères-de-Luchon jusque vers Bagergue ; il est indiqué par le Silurien. Peut-être devra-t-il être raccordé avec l'anticlinal XI, mais l'étude du Nord de la province de Lerida présente encore trop de lacunes pour qu'on puisse le faire, si ce n'est d'une manière tout à fait hypothétique.

Vient ensuite le *synclinal 5*, apparaissant à Bagnères-de-Luchon pour passer au Sud de Bosost, au Pla de Béret, au port de Salau, où il est rejoint par le synclinal 3. Il traverse ensuite la haute Ariège, passe à Auzat, Siguer, au Sud de Cabannes et du col de Marmare, vers Rouzé, et disparaît ensuite contre l'accident qui limite le Secondaire un peu avant Montfort. Son axe est occupé par des terrains très divers : Silurien supérieur à Montauban, Dévonien à la Séoube, Carboniférien à Roca Nera, Tuc de Costarjas, port de Salau, etc.

Anticlinal III. De la vallée d'Aure au col de Baguergue. Compris entre les synclinaux 4 et 5 au Sud et 3 au Nord, il est marqué par des affleurements ordoviciens.

Anticlinal VIII. De faible longueur également. Il débute en Espagne dans

la région du pic Maubermé et se termine vers Aulus au contact du Secondaire. Axe en Silurien et Dévonien.

Synclinal 6. Aux abords du pic d'Orle. Très court ; principalement dans le Carboniférien.

Anticlinal IV. Se dessine à peu de distance du pic de l'Arbizon pour cesser au Sud du Mont Vallier. Il relaie en quelque sorte l'anticlinal V qui cesse vers Arreau ; il passe par Bordères (granite), le Mail de la Pène de Rustier (Dévonien), vers Cier, au Baccanère, entre la frontière et Pontaut (Silurien inférieur), au Mail de Bulard (Silurien inférieur), à la montagne d'Escausse.

Synclinal 7. Débute un peu à l'Ouest de la vallée de la Pique qu'il traverse à Cazaux et aboutit auprès d'Aulus après avoir passé au Mont Vallier. Axe formé de Carboniférien, de Dévonien et de Silurien.

Anticlinal IX. Très court. Au Sud du Tuc de l'Eychette. Vient buter à l'Est contre le Secondaire.

Anticlinal VII. De la vallée d'Aure au Cap de Bouirech. Deux crêtes dévoniennes apparaissent dans le Carboniférien à peu de distance à l'Est d'Arreau ; elles se réunissent avant d'atteindre la vallée de la Pique pour former un anticlinal unique dont l'axe est occupé d'abord par le Gothlandien, puis par de l'Ordovicien (Burgalays), des schistes satinés plus anciens (Fos), de l'Ordovicien de nouveau à Palo-Bidaou et au Sud de Sentein.

Le synclinal 8 est compris entre les deux branches de cet anticlinal.

Synclinal 32. Je regarde les calcaires secondaires métamorphiques (Lias, Jurassique moyen et surtout Aptien) comme indiquant un synclinal entre deux massifs primaires ou granitiques. Cette bande commence un peu à l'Ouest de Seix et se termine à Niaux ; sa direction entre Seix et Vicdessos (N.105°E.) diffère de celle des plis primaires du voisinage, mais l'écart est beaucoup moindre si l'on prend comme point de comparaison, la direction moyenne générale de la bande secondaire, celle-ci se relevant sensiblement vers le Nord entre Vicdessos et Niaux.

Anticlinal X. Le massif granitique et primaire des Trois-Seigneurs constitue un anticlinal entre les deux synclinaux secondaires 32 et 33. Il s'ennoie à ses deux extrémités sous le Secondaire.

Synclinal 33. Il est marqué par le bassin cénomanien d'Oust-Massat et accompagné au Nord d'un deuxième synclinal (non numéroté sur la carte), indiqué par des affleurements jurassiques et aptiens. Ces deux synclinaux se confondent vers Massat et sont probablement prolongés à l'Est par le synclinal 37. Le passage de 33 à 37 se fait par le col de Port où existent des lambeaux secondaires (Trias et peut-être Lias).

Anticlinal XXIX. Crête d'Aptien dans les marnes albiennes près de Saint-Lary. Très court.

Synclinal 26. Bande albienne et aptienne supérieure débutant vers Moncaup, suivant la Bellongue et se terminant avec les dépôts secondaires vers Engomer. Direction d'abord S.E., puis sensiblement Ouest-Est.

Anticlinal XXX. Débutant sur la rive droite de la Garonne vers Antichan,

il se porte d'abord E.N.E., puis S.S.E. jusqu'auprès de Couledoux ; il se redresse alors et, se dirigeant à peu près Ouest-Est, vient traverser le Lez entre Engomer et Moulis. A partir de ce point, il se porte au Sud-Est, mais à l'état de monoclinal, le flanc sud-ouest étant ou complètement absent ou très réduit. Cet anticlinal paraît être le prolongement de l'anticlinal XXVI à travers le massif primaire de la Barousse ; à partir d'Antichan, son axe passe successivement par des affleurements de Lias, de Trias, de Permien (Cazaunous) d'Aptien calcaire, de couches primaires anciennes (haute vallée de Balaguères, Nord d'Engomer).

Un petit synclinal non numéroté sur la carte, débute vers Cazaunous, se porte d'abord au Sud-Est (parallèle dans cette partie à l'anticlinal précédent), puis se relève au Nord et se termine avant Arbas.

Au Nord apparaît un massif primaire, celui de Milhas : c'est *l'anticlinal XXXI.*

Je laisse de côté une série de plis très courts de la région du pic Lestelas et j'arrive au *synclinal 27* qui commence au pic Pécarre, se porte Ouest-Est quelques degrés Nord, puis se courbe vers le Sud avant d'arriver au Salat, devient même un instant dirigé Sud-Sud-Ouest et disparaît après la traversée du Lez sous le recouvrement du Cap de Tucoredone. Son axe d'abord aptien, est albien sur la plus grande partie du parcours.

L'anticlinal XXXII vient couper à angle droit la direction du synclinal précédent ; situé entre Moulis et la vallée du Salat, il est très bien marqué par l'inclinaison des différentes couches jurassiques et crétacées, ainsi que par l'apparition d'un noyau triasique. Si sa direction (presque exactement Ouest-Est) diffère complètement de celle des plis secondaires les plus voisins, elle est au contraire identique à celle des plis primaires du massif de Riverenert (anticlinal XXXIII).

L'important massif primaire qui comprend le Riverenert est dans son ensemble un grand anticlinal *(anticlinal XIV)* dont le tracé précis est difficile à suivre au milieu des masses granitiques : il va du Sud de Lacourt à la forêt de Basqui par Mercus. Plus au Nord, mais dans la partie occidentale seulement du massif primaire, on peut tracer une série d'anticlinaux à axe dévonien et de synclinaux à axe carboniférien (*anticlinal XXXIII* et plusieurs autres non numérotés ; *synclinaux 34, 35 et 36*). Comme je l'ai déja fait remarquer, le synclinal primaire XXXIII, dirigé exactement Ouest-Est, est le prolongement précis de l'anticlinal XXXII qui intéresse les couches secondaires.

Au Nord du massif primaire viennent d'abord un synclinal et un anticlinal très courts situés au Nord-Est de Saint-Girons, puis on remarque le *synclinal 28* allant d'Audinac à la Bastide de Sérou. Sa direction moyenne est Ouest-Est, mais avec d'importantes ondulations ; son axe est en Crétacé inférieur ou en dolomie jurassique.

Il est suivi par l'*anticlinal XXXIV* qui commence vers Montesquieu-Avantès, envoie vers l'église de Lescure une branche de faible longueur, continue par la Grange, le Sud d'Aillères et se termine à Suzan. Sa direction générale est Ouest-Est, avec de nombreuses ondulations ; son axe montre successivement et à plusieurs reprises, le Lias moyen, le Lias inférieur et le Trias.

Les plis suivants sont ceux des Petites Pyrénées ; ils ont une direction commune différant de quelques degrés de celle des plis de la chaîne et ne se

correspondent pas des deux côtés de la Garonne qui a tracé son lit suivant une ligne passant par les points bas des axes des plis des deux rives.

Les plis des Petites Pyrénées sont :

L'anticlinal XXXV dont l'axe est constitué par une bande de Sénonien qui émerge du Miocène à quelques kilomètres au Nord de Saint-Gaudens et s'étend à l'Est par Salies-du-Salat jusqu'à Lasserre. Son flanc méridional est caché par le Miocène dans la première partie ; dans la deuxième, ce même flanc a disparu dans une grande faille et le pli devient monoclinal.

Le synclinal 29 qui passe par Sepx ; son axe est constitué par le Crétacé le plus supérieur ou l'Eocène ; à l'Ouest, il disparaît sous le Miocène ; à l'Est il ne traverse pas la Garonne. Très aigu au Sud d'Arnaud-Guilhem, ce pli devient même un pli-faille avec étirement et suppression de couches ; son flanc méridional, dans cette partie, est renversé au Nord, tandis qu'en approchant de Saint-Martory, c'est au contraire le flanc septentrional qui se déverse au Sud.

L'anticlinal XXXVI qui est bien visible de Saint-Marcet à Saint-Martory, avec un axe constitué par les marnes bleues sénoniennes ou exceptionnellement par les calcaires aptiens. Aux abords de Saint-Martory le flanc méridional devient vertical ou même renversé au Sud, tandis que le flanc nord se renverse au Nord à Mancioux. C'est le type du pli en éventail. A l'Est de Saint-Marcet, ce pli est en partie caché par le Miocène, mais les affleurements de Crétacé supérieur de Montmaurin et Monléon-Magnoac permettent de le reconnaître sur une certaine longueur. Il est probable que l'anticlinal XXIV qui se montre beaucoup plus loin à l'Ouest dans la région de Saint-Sever est le prolongement de celui ci.

Le synclinal 30 qui sort du Miocène aux environs de Saint-Elix et aboutit à Mancioux. Son axe est formé par les poudingues éocènes ; son flanc méridional est renversé au Nord ; son flanc septentrional faiblement incliné Sud.

L'anticlinal XXXVII qui passe au Nord d'Aurignac. Il est incomplet et son axe est constitué par le calcaire nankin (Danien).

Sur la rive droite de la Garonne, *le synclinal 31* ou de Fabas qui a son axe formé d'abord par les poudingues éocènes, puis, en avançant vers l'Est, par les assises inférieures de l'Eocène. Son flanc méridional est renversé au Nord, son flanc septentrional faiblement incliné Sud.

Tous ces plis des Petites Pyrénées ont une direction variant de N.110°E. à N.125°E., différant sensiblement, comme je l'ai déja fait remarquer, de la direction des plis pyrénéens du même méridien, laquelle s'éloigne peu de la ligne Ouest-Est.

L'anticlinal XXXVIIbis a son axe constitué par les marnes sénoniennes dans la première partie, par le calcaire danien ensuite ; son versant méridional est peu incliné, son flanc septentrional est, au contraire, vertical ou renversé au Nord. En partant de la Garonne, il se porte presque au N.E., mais se courbe bientôt pour prendre une direction voisine de celle des autres plis des Petites Pyrénées.

Je reprends maintenant l'examen des plis voisins de l'axe, en continuant à avancer vers l'Est.

L'anticlinal XI a un tracé hypothétique sur la feuille de Foix, au milieu des granites et des gneiss ; il se précise sur la feuille de Quillan où il se divise en deux branches, l'une qui dessine presque un demi-cercle vers le Sud, l'autre continuant sensiblement la direction Ouest-Est. Ces deux branches se réunissent de nouveau, et le pli unique vient se terminer contre l'accident-limite du Secondaire entre Montfort et Sournia. Sur la feuille de Quillan, son tracé est indiqué par des affleurements siluriens et dévoniens ; toutefois, la branche méridionale est douteuse par suite de l'abondance des granites et du métamorphisme intense des couches primaires.

Entre les deux branches de l'anticlinal XI, se creuse le *synclinal 13* jalonné par des lambeaux discontinus de Carboniférien métamorphique.

Au Nord de l'anticlinal XI, on trouve *le synclinal 5* dont j'ai déjà parlé ci-dessus, puis une série d'anticlinaux à axe dévonien séparés par des synclinaux carbonifériens (*XII, 14, XIII, 15* et d'autres non numérotés). Ces plis, situés entre Prades (Ariège) et Sainte-Colombe-sur-Guette, n'ont qu'une faible extension et disparaissent à leurs deux extrémités sous le Secondaire.

Vient ensuite le *synclinal secondaire 37* qui débute à Saurat où il est vraisemblablement le prolongement du synclinal 33, par les affleurements triasiques du col de Port ; il se porte un peu vers le Sud pour passer aux Cabannes, puis remonte à Belcaire, passe au Nord de Sournia et cesse avec l'extrémité des affleurements secondaires au Nord de Neffiach. Dans ce long parcours dont la direction moyenne est à peu près Ouest-Est sauf entre le col de Port et les Cabannes, le synclinal 37 suit d'abord les couches crétacées du bassin de Saurat, puis la traînée de calcaires secondaires principalement aptiens qui traverse les feuilles de Foix et de Quillan.

Bien que le raccordement direct de ce synclinal avec le synclinal 32 ne puisse pas être reconnu avec certitude, je n'en considère pas moins ces deux synclinaux comme la continuation l'un de l'autre.

Le 37' est une branche détachée, à axe d'Aptien marneux.

Le synclinal 38 ou synclinal de Nalzen est occupé par le Sénonien de la dépression entre Montgaillard et Villeneuve d'Olmes. C'est une aire synclinale plutôt qu'un synclinal unique.

Viennent alors les massifs des Pechs de Saint-Sauveur et de Foix, où se remarquent une suite d'anticlinaux et de synclinaux ayant une direction générale très voisine de celle des plis des Petites Pyrénées de la Haute-Garonne dont cette région est le prolongement ; ce sont les *anticlinaux XXXVIII* et *XXXIX*, les *synclinaux 39, 40 et 41*. L'axe de l'anticlinal XXXVIII — très régulier — est constitué par le Trias et le Lias, celui de XXXIX par une crête de Crétacé supérieur, puis par du calcaire à Miliolites. Le synclinal 40, à axe cénomanien, présente son flanc méridional redressé au point de devenir vertical, le synclinal 41 montre aussi du Cénomanien dans son axe.

Dans la tranche suivante, on trouve au voisinage de l'axe *le synclinal 9* qui débute au Sud de Fourmiguères pour se terminer à Llauro au bord de la plaine de Perpignan ; il est suivi de *l'anticlinal XV* dont le trajet est peu

différent, du *synclinal 10* qui commence un peu plus à l'Ouest, mais se termine de même au bord de la plaine pliocène, et d'une série d'anticlinaux et de synclinaux beaucoup plus courts, visibles entre Prades et la plaine de Perpignan (*XVII, 11, XVIII, 12,* etc.). Tous ces plis sont assez rapprochés de la direction Ouest-Est, mais avec tendance à s'irradier vers l'Est, comme s'ils partaient tous d'un point commun situé aux environs de Prades. Ils sont compris dans le massif ancien du Canigou, composé de Silurien, Dévonien et Carboniférien ; les axes anticlinaux sont le plus souvent jalonnés par le Silurien, les synclinaux par le Dévonien ou le Carboniférien [1].

Passant alors au Nord du synclinal 37 déja décrit ci-dessus, on trouve :

L'anticlinal XL compris entre les deux branches du synclinal 37 (37 et 37'). Il part du Col des Pradels, passe entre le Mont Derrien et le Clat et se termine au pic de Gaubeille ; il fait venir au jour du Lias, un lambeau de schistes cristallins primaires et se suit par une crête de calcaires aptiens entre deux bandes de marnes de l'Aptien supérieur. Une branche s'en détache à la traversée de l'Aude et passe dans la forêt d'En Malo (*XLI*).

Vient ensuite le *synclinal 42*, dépression albienne longeant au Nord un accident important : il va de la vallée du Rébenty jusqu'au Sud de Saint-Paul de Fenouillet. Sur son prolongement, mais de l'autre côté du grand accident, se montre le lambeau liasique de Saint-Martin, début du *synclinal 43* ou synclinal d'Estagel, plissement avec Aptien et Gault dans l'axe, dont le flanc septentrional est presque vertical. Sa direction est approximativement Ouest-Est.

Le synclinal 44 ou synclinal de Saint-Paul de Fenouillet est des plus remarquables et des plus nets ; il commence vers Montségur, longe le Rébenty dans la partie inférieure de son cours, passe au col de Compérié, suit la vallée de Caudiès, Saint-Paul, Maury, puis quittant la direction Ouest-Est au méridien d'Estagel, il se divise en deux branches qui se portent au Nord-Est et disparaissent peu après.

Ce beau synclinal est, dans toute sa longueur, dans les marnes albiennes.

Anticlinal XLII ou de Belvis. Il débute au Sud de Bélesta (Ariège) et se porte par Belvis sur Saint-Martin-Lys. Dans la première partie, son axe est marqué par quelques affleurements de dolomie jurassique au milieu de l'Aptien, puis, au Sud de Quillan, il est constitué par la muraille aptienne qui sépare les deux affleurements albiens : de Quillan au Nord, du synclinal 44 au Sud.

Une petite branche s'en détache au Sud de Bélesta.

Le synclinal de Quillan (45) commence à 4 ou 5 kilomètres Ouest de Quillan par un plongement brusque des calcaires aptiens et se continue jusqu'au pic de Bugarach où il disparaît sous le chevauchement venu du Sud. Son axe est formé successivement par tous les terrains depuis l'Aptien jusqu'au Sénonien supérieur.

La bordure septentrionale de la conque de Quillan montre des couches plus anciennes que celles suivies par le synclinal 45 : Aptien, Trias. Je fais passer

1. J'ai adopté dans cette étude l'opinion de M. Mengel, d'après lequel les calcaires primaires des Pyrénées sont dévoniens, mais on sait que M. Depéret les considère comme appartenant principalement au Cambrien. Si cette dernière manière de voir venait à prévaloir, l'esquisse de la structure de la région serait entièrement bouleversée, les anticlinaux devenant des synclinaux et réciproquement.

par ces affleurements *l'anticlinal XLIII*, qui est d'ailleurs incomplet, son flanc septentrional ayant disparu dans le grand accident qui limite au Nord la conque de Quillan.

Au Nord de cet accident se montre *le synclinal de Nébias (46)*. Il commence vers Raissac dans les marnes éocènes comprises entre deux crêtes de calcaires à miliolites ; il passe ensuite à Bélesta, au Sud de Puivert et se termine à peu de distance de Nébias contre la faille de Sauzil. Entre Bélesta et sa terminaison orientale, son axe est dans les couches inférieures de l'Eocène, renversées sur elles-mêmes vers le Nord avec étirement du flanc méridional du pli par l'effet de la poussée du grand massif crétacé inférieur de Belvis.

L'anticlinal XLIV (anticlinal de Dreuille-Puivert) situé un peu plus au Nord, présente la même direction moyenne Ouest-Est. Il commence à Illat où un pli se forme dans le calcaire à Miliolites, passe au Nord de Lavelanet et de Puivert et vient, comme le synclinal précédent, se terminer contre la faille de Sauzil. C'est une voûte très régulière dont l'axe est constitué soit par le calcaire à Miliolites, soit par les diverses assises daniennes.

Le synclinal 47 et *l'anticlinal XLV* sont des accidents locaux. Plus au Nord vient *le synclinal 48* dans les poudingues éocènes : il s'étend du Nord d'Aigues-vives à la vallée de l'Aude vers Esperaza (j'examinerai plus loin sa continuation sur la rive droite de l'Aude). C'est, dans cette première partie, un pli à peine indiqué, à flancs très faiblement inclinés, et à direction un peu spéciale (d'abord Ouest-Est, puis Est-Sud-Est).

Ce synclinal est suivi par *l'anticlinal XLVI* qui fait reparaître les assises éocènes marines une dernière fois à la Bastide de Bousignac, avant la grande plaine oligocène-miocène. Sa direction est Ouest-Est.

A l'Est de la faille de Sauzil, on entre dans la région des Corbières proprement dites, où le premier pli à signaler est *le synclinal 49*, qui part de la faille de Sauzil et semble prolonger le synclinal 46. Ce synclinal 49 ou de Cubières se poursuit jusqu'à Padern avec sa direction Ouest-Est, son axe étant constitué d'abord par l'Eocène, puis par le Danien, et enfin par le Sénonien depuis les Gavignauds jusqu'à son extrémité orientale. Entre le pic de Bugarach et Padern, le flanc méridional du pli se renverse au Nord, poussé par le chevauchement du massif crétacé inférieur et jurassique qui sépare la vallée de Cubières de celle de Saint-Paul de Fenouillet.

Une branche (*synclinal 50*) se détache du synclinal 49 vers Grane pour se terminer à Fourtou ; elle est constamment dans le Crétacé supérieur, du Danien au Cénomanien.

Entre les synclinaux 49 et 50, se constitue *l'anticlinal XLVII* ou anticlinal de la Source salée, qui débute dans le Sénonien, puis atteint le Turonien, le Cénomanien et le Trias, formant une voûte bien régulière dans la vallée de la Blanque comme à l'extrémité de celle de la Source salée. Après avoir été dirigé Ouest-Est dans cette première partie, il se courbe vers le Nord, devient à peu près Sud-Ouest - Nord-Est et se continue dans la région primaire jusqu'à Villerouge (Dévonien entre bandes carbonifériennes).

Au Nord du synclinal 50, se trouve *l'anticlinal XLVIII* (anticlinal du Cardou) qui commence dans le Danien au Sud de Coustaussa et se continue dans le Sénonien et le Turonien ; il pénètre ensuite dans le Primaire (Dévonien et Carboniférien). Il est couché au Nord, son flanc septentrional étant étiré au point de disparaître parfois complètement.

Le *synclinal* qui vient ensuite est le *48* que j'ai déja décrit ci-dessus partiellement. A partir de la vallée de l'Aude, vers l'Est, il se creuse davantage, passe à Couiza et de là se dirige vers le Sud de Mouthoumet, en restant constamment jusque-là dans l'Eocène ou le Danien. Mais à partir de ce point, il pénètre dans le Primaire, suivant un affleurement carboniférien entre deux bandes dévoniennes ; il s'incline vers le Nord-Est et cesse avant Villerouge.

L'anticlinal XLIX (pli-faille du pont de l'Orbieu) va d'Albières à Termes, avec son flanc sud et sud-est seul conservé. Entre Albières et Lanet, il est Ouest-Est; et au delà il remonte vers Nord-Est : son axe est en Dévonien. Il est bordé au Nord et au Nord-Ouest par le *synclinal 51* avec axe carboniférien.

L'anticlinal L débute auprès de Valmigère par un bombement dévonien (bombement d'Ournes) ; il prend d'abord la direction E.N.E., mais avant d'arriver à Lairière, il se porte directement à l'Est jusqu'au delà de Vignevieille : dans cette deuxième partie, son axe est situé dans les diverses divisions du Silurien, et c'est l'un des plis les plus nets et les plus réguliers du massif primaire des Corbières (brachyanticlinal de Vignevieille de M. Bresson).

Viennent ensuite une série de synclinaux et d'anticlinaux très courts à direction à peu près parallèle à celle du bombement d'Ournes, soit E.N.E ; ils sont tous dans le Primaire, les anticlinaux dans le Dévonien, les synclinaux dans le Carboniférien. Ce sont les *anticlinaux LI* (branche détachée du L) *LII, LIII ;* les *synclinaux 52, 53 et 54*.

Les plis suivants sont dans le bassin tertiaire. Le premier est le *synclinal 55* entièrement dans l'Eocène, avec direction Ouest-Est ; il commence à l'Est de Limoux et se porte vers Talairan ; ses flancs sont peu inclinés, comme ceux de tous les plis de la plaine.

L'anticlinal LIV ou de Lagrasse est dans le Danien ou l'Éocène. Sa direction est d'abord Ouest-Est, puis Est-Nord-Est.

Le synclinal 56 ou de Fanjeaux est un pli venant de la feuille de Castres, traversant toute celle de Carcassonne par Fanjeaux, Verzeille les Mattes, Fabrezan et cessant vers Ferrals. Son axe s'abaisse de l'Est à l'Ouest, les couches les plus récentes qu'il rencontre se trouvant dans cette dernière direction ; il est pendant un très court trajet dans le Crétacé supérieur, tout le reste se trouvant dans l'Eocène. Sa direction E.S.E. jusqu'à la traversée de l'Aude, devient ensuite Ouest-Est jusqu'à Fabrezan, puis se relève un peu vers le Nord. C'est un pli simple à flancs très peu inclinés.

Une branche, 56[1], se détache vers Pechlat pour se porter à l'Ouest-Sud-Ouest sur Serviès.

Entre les deux branches du synclinal 56, apparaît *l'anticlinal LV* ou du Boucher, très court, dans les couches les plus anciennes de l'Eocène de la région.

L'anticlinal LVI ou de l'Alaric est très important ; il fait apparaître un bombement de Dévonien. Son axe est marqué par le Dévonien, le Crétacé supérieur et les assises anciennes de l'Eocène ; il se termine brusquement à l'Ouest aux environs de Monze. Sa direction est Ouest-Est. Un fait à remarquer, parce qu'il est extrêmement rare dans la région pyrénéenne, c'est que le tracé de cet anticlinal est marqué topographiquement par une crête saillante.

Il me reste, pour terminer l'examen des plis de la région pyrénéenne française, à décrire ceux de la côte méditerranéenne de Rivesaltes à Narbonne, plis qui, à l'exception d'un seul, présentent une direction très différente de celles reconnues jusqu'ici, sauf toutefois dans les Corbières primaires où quelques plis tendent déjà à se diriger entre N.E. et N..

Le premier que j'ai à signaler dans cette région côtière est *l'anticlinal LVII* qui commence au Nord d'Estagel et prend bientôt la direction N. 50° E. pour se terminer un peu au Nord d'Opoul. *Une branche* (*LVII*[1]) s'en détache au droit de Vingrau pour se porter vers Leucate. Son axe est généralement constitué par les calcaires aptiens, exceptionnellement par le Trias ou le Lias (Nord d'Estagel, environs de Fitou). Entre les deux branches de l'anticlinal LVII, se développe le *synclinal d'Opoul* (*57*) avec axe en Aptien supérieur.

L'anticlinal suivant (*LVIII*) va de Tuchan à Narbonne avec direction moyenne Sud-Sud-Ouest–Nord-Nord-Est ; il débute dans le Primaire (schistes ordoviciens), passe dans le Trias, puis son axe est formé par une crête de calcaires aptiens. Les flancs de ce pli à la traversée du massif de Fontfroide sont très irréguliers et généralement incomplets, soit par suite de l'existence d'une faille au Sud-Est, soit à cause des renversements et des chevauchements du côté opposé.

Aux deux tiers environ de la distance de Tuchan à Durban, *une branche* (*LVIII*[1]) se détache de cet anticlinal et se dirige d'abord à l'Est, puis à l'E.S.E. pour aboutir à Leucate. La direction que suit cette branche, tout à fait aberrante dans la région côtière, est pourtant bien nettement indiquée par les schistes ordoviciens de Saint-Jean de Barrou, de Feuilla et de Treilles, le reste de son axe étant constitué par le Trias, la dolomie jurassique et même l'Aptien.

Anticlinal LIX ou de Palairac. Axe en schistes ordoviciens au voisinage d'une ligne de chevauchement vers le Nord-Ouest ; direction N. 30° E..

Auprès, mais de l'autre côté de la ligne de chevauchement, on voit le *synclinal 58*, dirigé Sud-Ouest–Nord-Est et marqué par une bande de Carboniférien.

Plus près de la côte existe l'*anticlinal LX* ou de Lapalme. Axe en calcaire aptien ; direction Sud-Ouest–Nord-Est.

Synclinal 59 ou de Sigean. La grande dépression qui s'étend de Coursan jusqu'au delà de Sigean et qui est occupée en partie par les sédiments lacustres de l'Aquitanien, marque probablement l'emplacement d'un synclinal, dont la formation devrait être antérieure au Stampien.

Une branche (*60*) se détache du synclinal précédent sur le bord septentrional de l'étang de Bagès, pour se terminer dans la vallée de la Berre, en amont de Portel. Elle se présente exactement dans les mêmes conditions que le synclinal 59.

L'anticlinal LXI est situé entre les deux synclinaux précédents : il est indiqué

par quelques pointements de Lias ou de Trias et se poursuit au Sud-Sud-Ouest par un plateau de calcaire aptien. Dans la montagne de la Clape, on remarque *un anticlinal* (*LXII*) suivi *d'un synclinal* (*61*). Le premier est assez difficile à tracer d'une manière précise à cause des nombreuses cassures qui recoupent cette montagne: le plissement en est peu accentué. Quant au synclinal, il est marqué par des affleurements albiens ou aptiens supérieurs.

Ces deux plis qui sont d'abord dirigés N.E., se courbent ensuite de manière à devenir N. 80° E. aux abords de la côte.

Le synclinal 62 se porte exactement S.-N. sur Bizanet; il est occupé par du Sénonien compris entre le Secondaire inférieur de la chaîne de Fontfroide d'une part, et une crête discontinue de calcaire aptien de l'autre. Une branche s'en détache pour se porter vers Narbonne *(62')*; elle est également tracée par une bande sénonienne.

Entre les deux branches du synclinal 62, des affleurements liasiques indiquent l'axe de *l'anticlinal de Névian (LXIII)*, dirigé sensiblement S.-N..

Le synclinal 63 ou de Roquelongue est jalonné par une suite discontinue d'affleurements daniens aboutissant à l'Ouest d'Ornaisons. Sa direction est S.-N..

Il est accompagné de *l'anticlinal LXIV*; ce dernier débute par une boutonnière de Trias entouré de Lias et se continue vers le Sud dans le Crétacé supérieur et l'Eocène; sa direction est N. 160° E.; il a donc dépassé vers l'Ouest la ligne S.-N.. C'est le seul dans toute la chaîne qui présente cette orientation.

Enfin le dernier pli à signaler est *le synclinal 64 ou de Thézan.* Son axe est formé au Nord par du Sénonien compris entre deux affleurements de Lias: dans la partie méridionale, il est constitué par l'Eocène.

Sa direction est sensiblement S.-N..

b. Versant méridional

Lorsque j'ai présenté mon étude à la Société géologique, en juin 1910, je n'avais pas l'intention de l'étendre au versant méridional des Pyrénées, me réservant de faire connaître la structure de ce dernier dans un travail spécial, après de nouvelles observations sur le terrain. Mais la publication de l'ouvrage de M. Dalloni sur les Pyrénées aragonaises étant venue combler une importante lacune, il ne reste plus guère que la province de Lerida qui puisse être regardée comme presque inconnue au point de vue tectonique ; aussi m'a-t-il semblé préférable d'étendre dès maintenant au versant espagnol le tracé des plis et accidents, tel que permet de le faire l'état actuel des recherches, malgré la probabilité de changements à faire subir ultérieurement à quelques lignes.

Il sera, de cette façon, possible de se faire une idée d'ensemble qui ne serait pas ressortie de l'étude du seul versant français.

Les plis de ce versant sont numérotés, comme ceux du versant français, en chiffres romains pour les anticlinaux, en chiffres arabes pour les synclinaux, mais, afin de les distinguer, je les ai fait suivre de l'exposant [a].

Le premier anticlinal est *l'anticlinal I a* qui débute vers Cette-Eygun avec direction Nord-Ouest-Sud-Est et se continue jusqu'au Sud de Gabas ; une *branche II*a s'en détache dès son origine pour venir le rejoindre un peu avant Gabas. Ces deux plis sont marqués par une série d'affleurements dévoniens dans le Carboniférien.

Un brachysynclinal, 1 a, se montre entre les deux branches de l'anticlinal précédent.

Synclinal 2 a ou d'Urdos. Il passe vers Lescun, Urdos, le lac de Migouelou, Cauterets, le pic Bergons, le pic de Campbieil et se termine avant Aragnouet, par la jonction des deux bandes dévoniennes qui le limitaient. Sa direction est d'abord presque N.-S., mais il se courbe bientôt et, après Urdos, devient Ouest-Est jusqu'à Cauterets et ensuite Nord-Ouest–Sud-Est. Il est sur tout son parcours dans le Carboniférien ou dans le granite qui en tient la place.

Une branche 2 a 1 se détache à la traversée de la vallée d'Estaing, se porte au S.S.E., puis se redresse et vient se terminer à Gèdre ; elle traverse le massif granitique de Cauterets et suit, après en être sorti, des affleurements carbonifériens. Des apparitions de Dévonien esquissent un anticlinal entre les deux branches du synclinal 2 a.

Anticlinal III a. Il émerge du Crétacé supérieur du bois de Pétraoube, passe au bois de Larrangus, aux chalets d'Ibosque, au Sud du Pic du Midi d'Ossau, au Nord du Vignemale, et vient buter contre une faille de chevauchement. Il est jalonné par une suite de bombements dévoniens, mais masqué par places par des dépôts permiens discordants. D'abord dirigé N.-S., il se courbe comme le synclinal 2 a et devient à peu près Est-Ouest ; puis au delà du Pic du Midi, N. 105° E..

Au Sud du Pic du Midi d'Ossau, *une branche IV a* se détache de l'anticlinal III a, s'incline au Sud, prend la direction E.S.E., passe à Sallent, entre Panticosa et les Bains et, après s'être rapprochée de la branche principale, disparaît comme elle peu après avoir passé la frontière. Cette branche suit des affleurements de Dévonien inférieur.

Entre les anticlinaux III a et IV a, on remarque *le synclinal 3 a* carboniférien, et *le synclinal 3 a1* ou du Vignemale en Dévonien supérieur.

Synclinal 4 a. Il débute à la limite du Crétacé supérieur vers le pic de Contende, suit le flanc nord de la vallée d'Aguas Tuertas, passe vers le pic d'Arlet, un peu au Nord du pic d'Arnousse et cesse au col de Canal Roya. Il est sur tout son parcours dans le Carboniférien, parfois masqué cependant par le Permien qui n'a pas pris part au plissement. Sa direction, d'abord N.-S., devient ensuite Nord-Ouest–Sud-Est.

L'anticlinal VI a, visible au Sud du col de Somport, est marqué par un axe de Dévonien entre deux bandes de Carboniférien ; il est recouvert à l'Ouest par le Permien transgressif et semble se raccorder à l'Est avec des affleurements dévoniens supérieurs ou inférieurs que je signalerai un peu plus loin. Sa direction est Ouest-Nord-Ouest–Est-Sud-Est.

Dans la région comprise entre la vallée de Sallent et la frontière au voisinage du pic de Lourdes, une série d'anticlinaux et de synclinaux primaires, très

rapprochés les uns des autres, suivent une direction voisine de celle de l'anticlinal IV^a ; les axes des anticlinaux sont en Dévonien inférieur, parfois en Dévonien supérieur ; ceux des synclinaux en Dévonien supérieur ou en Carboniférien. Ces plis sont numérotés sur la carte *5 a*, *V a*, *6 a*, *V a bis*, *7 a*, *VI a*. Cette dernière notation est appliquée à trois tronçons réunis hypothétiquement.

Les charriages de la région de Gavarnie empêchent de suivre l'allure des plis ; aussi est-ce seulement à l'Est de la vallée de Rioumayou que l'on peut à nouveau en poursuivre l'étude.

Le synclinal 8 a est indiqué par un affleurement dévonien entre le pic d'Ourdissetou et le massif granitique des Gourgs blancs ; il est suivi par *l'anticlinal VII a*, en Silurien supérieur, dont la durée est à peu près la même, ainsi que la direction Ouest-Est.

Une branche VII a 1 se détache de cet anticlinal, passe au Sud des Posets et de la Maladetta et cesse à la vallée de la Noguera Ribagorzana vers Senet, après un trajet dans le Gothlandien, en ligne brisée à éléments successivement Ouest-Est et Nord-Ouest–Sud-Est.

Entre les deux branches de l'anticlinal VII a se voit *le synclinal 9 a*, indiqué par une bande de Carboniférien qui se termine à l'Est avant le pic de Sauvegarde.

Une branche 9 a 1 de ce synclinal s'en détache vers le Sud et longe au Sud le massif de la Maladetta ; elle suit une bande de Dévonien.

Au Nord de la Maladetta, *le synclinal 10 a* est constitué par le Carboniférien du Plan des Etangs et se divise à l'Ouest en deux branches, séparées par un axe dévonien.

Au Sud de l'anticlinal VII^a se voit le *synclinal 11^a* marqué par une bande continue de Dévonien entre deux zones gothlandiennes. Comme tous les plis de cette région, il est dirigé N. 115° E., avec un trajet assez ondulé.

L'anticlinal VIII a débute dans la haute vallée du Rioumayou, près de la frontière où il se raccorde vraisemblablement à l'anticlinal VII et à l'axe A : de là il se dirige au S.E., remonte brusquement vers le Nord pour passer au village de Vénasque, redescend au Sud, prend bientôt de nouveau la direction S.E. et continue ainsi jusqu'à la vallée de la Noguera Ribagorzana. Dans tout ce parcours, l'anticlinal VIII a chemine dans un affleurement de Silurien inférieur : plus à l'Est, dans la province de Lerida, les renseignements sont insuffisants pour permettre de continuer le tracé de ce pli.

L'anticlinal IX a est indiqué par une crête carboniférienne entourée de Permien, de faible étendue, visible à l'Ouest de la vallée de l'Isabena.

Le synclinal 12 a est dans le Permien, au Nord du précédent.

Les plis suivants sont dans le Secondaire ou le Tertiaire : c'est d'abord le *synclinal 16 a* qui débute au Sud du Marboré, passe au Mont Perdu, à la Peña del Mediodia et se termine à la vallée de l'Esera, près de Sefra : il est jalonné par des affleurements éocènes dans la première partie et par du Danien ensuite. Sa direction est N. 125° E..

L'anticlinal XXI a suit le synclinal précédent dans sa première moitié, jusqu'à la Peña del Mediodia ; il est indiqué par une bande de Maestrichtien.

Vient alors le *synclinal 17 a* apparaissant à la vallée de Broto, dirigé Ouest-Est, puis, arrivé au méridien du Cylindre, il se porte au S.S.E. et se termine à la vallée de la Cinca, ayant suivi une série d'affleurements de l'Eocène ou du Crétacé le plus supérieur.

L'anticlinal XXII a est le prolongement de XXI a avec même direction S.E.; ce n'en est pourtant pas la continuation, ces deux plis étant séparés par un accident important. L'axe de XXII a est cénomanien. Ce pli s'étend de la vallée de la Cinca à celle de l'Esera : son flanc septentrional est étiré et en partie disparu dans une faille de chevauchement.

Un peu plus à l'Est, le *synclinal 18 a* est marqué par du Crétacé inférieur et supérieur entre deux bandes triasiques, la plus méridionale dessinant *l'anticlinal XXIII a*. Ces plis vont de Chia à la vallée de l'Isabena avec toujours la direction Nord-Ouest–Sud-Est.

Le *synclinal 19 a* suit une bande de Cénomanien, au Sud de laquelle apparaissent du Lias à la traversée de l'Isabena et du Trias à Aulet. Ces deux affleurements de Lias et de Trias jalonnent *l'anticlinal XXIV a*.

Un peu plus à l'Est, je signalerai *l'anticlinal X a* qui débute dans le massif granitique de la Maladetta par une bande de schistes ordoviciens reconnue par M. Dalloni. Il semble, d'après les documents actuels, que cet anticlinal se poursuit par Comolo Forno, Punta Alta, Escalo jusqu'au val Farrera.

Faute de renseignements suffisants, je n'ai pas continué à dessiner *le synclinal* 9^{a1} à l'Est de la Noguera Ribagorzana, mais en approchant de l'Andorre je puis en reprendre le tracé, passant par le Sud de Llavorsi, Andorra, le Sud de Puigcerda, le Puigmal, vers Set Casas, franchissant la frontière, passant vers Prats de Mollo, au Roc de France et après s'être incliné au S E., cessant vers Darnius. A l'Ouest de Prats de Mollo, il est marqué par des schistes carbonifériens compris entre deux bandes dévoniennes ; à l'Est par des affleurements dévoniens.

Un peu à l'Est de Puigcerda, *une branche* 9^{a2} s'en détache vers le Sud, reprend bientôt la direction de l'Est, traverse la vallée du Ter, se courbe un peu vers le Nord et rejoint avant Prats de Mollo la branche 9^{a1}. La branche 9^{a2} est entièrement dans le Carboniférien. Une autre petite branche se détache encore du 9^{a1} à l'Est du Tech pour passer la frontière auprès de Puig Mouché et disparaître bientôt après sous le Secondaire et le Tertiaire. Elle est aussi jalonnée par des lambeaux de calcaires dévoniens. Entre les deux branches 9^{a1} et 9^{a2} se développe le *brachyanticlinal XII a*, d'Osseja au col Prégon ; dans la première moitié, il suit une crête discontinué de calcaires dévoniens au milieu du Carboniférien ; dans la seconde, du Silurien inférieur et du granite.

Une série de plis apparaissent dans les Pyrénées-Orientales entre l'axe et le synclinal 9^{a1}. Ce sont du Nord au Sud :

Synclinal 13a, de Llivia à Canaveilles, Sud de Vernet, Saint-Ferréol, Rabos. Ce pli se dirige d'abord N.E., puis Ouest-Est et, après la traversée du Tech, se porte presque au Sud ; il est marqué par des affleurements dévoniens.

L'anticlinal XI a ou de Carança, beaucoup plus court, va du Sud de Fontpédrouse au versant Nord du Canigou ; il est dans le Silurien ou dans le granite.

Le synclinal 14 a débute à la vallée de Carança près de la frontière, se porte au N.E. et vient se terminer au Nord du Canigou. Comme tous les synclinaux de la région, il est indiqué par des lambeaux de calcaires appartenant au Dévonien.

L'anticlinal XI a bis va de Saillagouse jusqu'au voisinage de Prats de Mollo par le pic del Ora de Fajol, dans une bande étroite de Silurien comprise entre deux crêtes dévoniennes. Sa direction est d'abord S.S.E., puis Ouest-Est.

L'anticlinal XVII a commence dans la partie orientale du massif du Canigou, se porte d'abord à l'E.S.E., passe auprès de Céret, à l'Ecluse, puis se courbe vers S.S.E. avant de se terminer à Espolla ; il est, soit dans le Silurien inférieur ou moyen, soit dans le granite.

Vient ensuite *le synclinal 15 a* qui a permis la conservation du petit bassin secondaire d'Amélie-les-Bains. Il débute dans le Lias de Palalda, traverse le Crétacé supérieur d'Amélie et de Reynès, puis pénètre dans le Primaire (Silurien moyen et supérieur) avec une direction Ouest-Est qu'il conserve jusqu'au delà de la route de Perpignan à Figueras ; puis il se courbe vers le Sud et se termine avant d'atteindre la plaine de Figueras.

Revenant maintenant au Sud du synclinal 9 a1, je signalerai *l'anticlinal XIII a*, qui est peut-être la continuation à travers la province de Lerida, de l'anticlinal VIII a ; il a été reconnu de Punto Ras au col de Tosas, avec une direction moyenne Ouest-Est, malgré une double courbure accentuée dans la première partie de son parcours.

Le synclinal 20 a, passant par Bellver, et *l'anticlinal XIV a* lui sont parallèles dans la partie de son trajet à convexité tournée vers le Nord. Le synclinal est dans les schistes dinantiens, l'anticlinal dans le Dévonien.

Le synclinal XV a à direction presque N.E., va de Mollo au Tech ; il est marqué par des affleurements de Silurien et de Dévonien. Il est accompagné par le *synclinal 21 a* qui lui est à peu près parallèle.

Enfin *l'anticlinal XVI a*, le dernier de la zone primaire, va de Planolas à Camprodon avec une direction Ouest-Est ; il s'incline ensuite un peu vers le Nord et cesse au Sud de la Manère. Son axe est en Silurien et Dévonien.

Un peu plus à l'Est, vers Coustouges, *un synclinal (22 a)* et *un anticlinal (XXVIII a)* se montrent dans le Crétacé supérieur sur une faible longueur avec direction Ouest-Est.

Au Sud de ces derniers, en Espagne, se voit un anticlinal allant du Sud de Baget au Nord d'Albanya (*anticlinal XXIX a*) enserré entre deux synclinaux (*30 a et 31 a*). Ces trois plis se dirigent Ouest-Est ; les synclinaux se trouvent dans le Lutétien, l'anticlinal suivant une bande de Crétacé supérieur qui repose par places sur des pointements de granite.

J'ai maintenant terminé la revue des plis de la haute montagne ; il me reste à examiner ceux de la zone moins élevée, facile à séparer de la précédente dans la partie médiane de la chaîne, mais beaucoup moins discernable aux deux extrémités.

Le synclinal 23 a, en Navarre, est dirigé Ouest-Est ; son axe est composé de marnes bartoniennes.

Le brachyanticlinal XVIII ᵃ de la sierra de Aluiz au Sud de Pamplona est marqué par une crête de Lutétien et un affleurement de Trias (sources salées à Salinas de Montréal). Direction : N. 75° E., puis N. 110° E.. Sur son prolongement apparaît un autre *brachyanticlinal,* celui de la sierra de Leyre (*XIX ᵃ*) qui s'étend de Lumbier à la limite de l'Aragon. Il fait venir au jour les couches lutétiennes et même un peu de Crétacé supérieur au milieu du Bartonien ; dans sa partie médiane c'est un pli-faille avec léger chevauchement vers le Sud. Sa direction est Ouest-Est quelques degrés Sud.

Le synclinal 24 ᵃ est un des plus importants de la région ; il commence à être visible à la Sierra de San Pedro, passe au Nord de Sos, à Unduès-Pintano, au pic de San Salvador, à Bernuès, dans la vallée de Sarrablo, s'incline au Sud dans la direction de Naval, puis reprend sa direction E. quelques degrès Sud par le Sud de Graus, le Nord de Viacamp et la Conca de Tremp où il se termine à la faille de Benavente. L'axe de ce synclinal, à flancs généralement peu inclinés, est depuis l'origine jusqu'au delà de la Noguera Ribagorzana dans les poudingues sannoisiens. C'est seulement en pénétrant dans la Conca de Tremp qu'il atteint le Lutétien, puis le Crétacé supérieur.

Une branche 24ᵃ¹ se détache du synclinal 24ᵃ au Nord de Benabarre pour se diriger d'abord au S.S.E., puis, après la traversée de la Ribagorzana, elle se redresse pour aller vers l'Est et se terminer auprès de Vilanova de Meya. Elle est d'abord dans les poudingues sannoisiens, puis dans le Lutétien. Entre les deux branches du synclinal 24 ᵃ, se dessine *l'anticlinal XXV ᵃ*, partant de Tolva avec direction E.S.E., pour remonter ensuite vers l'Est et se terminer auprès de Comiols ; il suit une bande de Trias, Lias et Crétacé inférieur.

L'anticlinal XX ᵃ a aussi une grande importance ; c'est lui qui ramène au jour à la limite de la plaine de l'Ebre, des couches crétacées, jurassiques et triasiques. Il débute à las Peñas de Santo Domingo, traverse le Gallego au Nord de Murillo, passe au Morron de Gratal et arrive à Santa Eulalia la Mayor ; dans cette première partie, sa direction est N. 115° E. et son flanc méridional est renversé au Sud avec étirements et disparition de couches. Un peu au delà de Santa Eulalia, une faille de rejet reporte l'axe de l'anticlinal de 10 kilomètres au Nord; il se poursuit ensuite vers l'Est jusqu'à Rodellar, toujours déversé au Sud, puis se porte au S.E. par la Sierra de Arbe, Estadilla, et vient se terminer à la vallée de la Ribagorzana. Dans la première partie, ainsi qu'entre la faille de Santa Eulalia et Rodellar, l'axe de l'anticlinal XXᵃ est marqué par le Trias ou le Crétacé supérieur ; il pénètre ensuite dans le Lutétien, puis dans les poudingues supérieurs après lesquels il retrouve le Lutétien, le Crétacé supérieur, puis le Trias à Salinas de Hoz, ayant traversé depuis Rodellar un anticlinal et deux synclinaux transverses.

Après Salinas de Hoz, le pli se trouve masqué pendant quelques kilomètres par le Miocène, mais le Trias d'Estada permet de le reconnaître de nouveau à partir de la vallée de la Cinca jusqu'à la Noguera Ribagorzana ; au delà il disparaît définitivement sous le Miocène.

Entre le synclinal 24ᵃ et l'anticlinal XX ᵃ se développe, à partir de la vallée de la Cinca, un nouveau pli complet formé de *l'anticlinal XXVI ᵃ* (qui se détache de

l'anticlinal XX a à Salinas de Hoz) et du *synclinal 25 a*. Tous deux ont une direction N. 125° E. jusqu'au ruisseau de Larfania ; en ce point, le synclinal cesse d'être discernable, tandis que l'anticlinal se courbe pour prendre la direction N. 76° E. et se termine seulement au Sud de la Conca de Meya. L'anticlinal XXVI a débute dans le Trias qu'il quitte un moment pour traverser une bande de Miocène et de Sannoisien, mais il retrouve le Trias avant la vallée de la Cinca pour le suivre par Estopiñan jusqu'à la Noguera Ribagorzana. Il pénètre alors dans le Crétacé, mais retrouve encore un affleurement triasique à Abellanes.

Quant au synclinal 25 a, il suit une bande de Lutétien.

L'arrêt de tous ces plis (24 a, XXV a, 24 a1, XXVI a) dans le voisinage d'une même ligne méridienne mérite de fixer l'attention, d'autant plus que les autres plis que je vais examiner plus à l'Est, ne passent pas cette même ligne méridienne vers l'Ouest, comme s'il y avait là une grande faille de rejet. J'ai bien constaté, lors de mes premières explorations dans les Pyrénées espagnoles, l'existence d'une faille à Boixols, à Benavente, ainsi qu'entre San Salvador et Comiols, mais les observations actuelles ne permettent pas d'en tracer le prolongement au Sud, bien qu'il soit très probable.

Continuant à l'Est, je signale le *synclinal 26 a* entre Aramunt et Orgañya, constitué par du Sénonien entre du Crétacé inférieur au Nord et du Cénomanien au Sud. Direction presque Ouest-Est.

Le synclinal 28 a commence à se montrer au Sud de la sierra de Cadi, se porte à peu près Ouest Est, passe au Nord de Pobla de Lillet, descend au S.E. sur Ripoll, se fond avec le synclinal 29 a, passe à Olot, remonte au N.E. et reprend à nouveau la direction Ouest-Est pour se terminer à la plaine de Figueras. Il débute dans le Lutétien marin, suit le Bartonien, puis les poudingues sannoisiens et de nouveau le Bartonien jusqu'à la plaine pliocène de Figueras.

Le synclinal 27 a situé un peu au Sud du synclinal 26 a dont il est séparé par une faille importante, passe par Coll de Nargo ; il se dirige N. 80° E., suivant un affleurement de Danien.

L'anticlinal XXVII a débute dans la sierra de Boixols et aboutit au pic de Serdanyola, après avoir passé au N. de Berga. Sa direction moyenne est N. 85° E., mais il présente des ondulations importantes. L'axe est surtout en Sénonien, sur un court trajet en Lias.

Le synclinal 29 a commence à l'Ouest-Sud-Ouest de Cardona, passe à Clariana et, suivant une direction moyenne N.E., rejoint le synclinal 28 a un peu à l'Est de Ripoll. Il est entièrement dans les poudingues sannoisiens.

Enfin, je terminerai cette longue énumération en citant *l'anticlinal XXX a* qui, venant du Sud-Sud-Ouest, pénètre sur la carte vers Cassa de la Selva pour aboutir au Cap Bagur ; cet anticlinal correspond au bombement primaire et granitique du massif du Monseny. En l'absence de documents précis sur l'allure des couches, je le dessine suivant la plus grande longueur du massif.

Plis transverses. — Contrairement à ce qui a été parfois soutenu, les plis transverses n'ont qu'une importance extrêmement réduite dans les Pyrénées et sont sans influence sérieuse sur la structure générale de la chaîne.

Sur le versant français, je citerai seulement :

L'anticlinal de Hosta, dans les Basses-Pyrénées, faisant surgir un affleurement de terrains primaires.

Le synclinal de Larrau, dans le même département, produisant un affaissement de la zone primaire centrale, affaissement rempli de Trias et de Lias.

L'anticlinal de Bielle-Arudy interrompant partiellement les bandes secondaires à la traversée de la vallée d'Ossau.

En Espagne, je signalerai dans la province de Huesca :

L'anticlinal de la Sierra de Sevil, élevant à une grande hauteur le Lutétien dont les affleurements sont exceptionnellement dirigés en cette région presque N.-S..

Le synclinal de la Sierra d'Arbe, en poudingues sannoisiens.

L'anticlinal de Naval amenant au jour le Trias entouré d'une auréole de Crétacé supérieur et de Lutétien.

L'anticlinal de Mediano, suivant la rive gauche de la Cinca, et y faisant apparaître le Trias et le Crétacé supérieur au milieu de l'Eocène.

Tous ces plis ont une direction voisine de la ligne N.-S..

IV. — Direction de la chaîne et des plis

La *direction de la chaîne* est celle que suit la ligne joignant les deux extrémités de son axe, bien que, comme on l'a vu ci-dessus, l'anticlinal qui marque cet axe, ne se continue pas sans interruption d'une extrémité à l'autre de la chaîne et qu'il se produise dans la région de Luz un déplacement notable de la ligne suivie par les anticlinaux amenant au jour les couches les plus anciennes.

Pour moi la chaîne des Pyrénées va du Cap Creus aux Aldudes, ce qui lui donne la direction N. 103° E., un peu plus rapprochée de la ligne Ouest-Est que cela n'a été indiqué généralement. Elle le serait encore davantage si je l'arrêtais au méridien de Port-Vendres au lieu de la continuer jusqu'au Cap Creus, l'anticlinal axial se courbant brusquement au Sud avant d'aborder la Méditerranée.

Du méridien de Saint-Jean-Pied-de-Port jusqu'à celui de Foix, la *direction des plis primaires* voisins de l'axe ne diffère que fort peu dans son ensemble de celle que j'attribue à la chaîne entière. A l'Ouest de cette partie médiane, tous les plis, suivant l'inflexion de l'axe lui-même, s'inclinent à l'Ouest, puis au Sud-Ouest avant de sortir de la région qui fait l'objet de cette étude ; au contraire, à partir du méridien de Foix vers l'Est, les plis primaires prennent à peu près exactement la direction Ouest-Est jusqu'au méridien de Céret, au delà duquel ils s'inclinent au Sud.

Il existe donc dans la même chaîne de montagnes des plis affectant les mêmes terrains et présentant des directions qui varient depuis Sud-Ouest–Nord-Est presque jusqu'à N.-S., en passant par le Nord ; il n'est pas possible d'attribuer à des mouvements d'âges différents la production de ces plis, de sorte qu'on est amené par l'étude des Pyrénées à constater une fois de plus l'inanité de l'opinion suivant laquelle les mouvements orogéniques d'un âge déterminé se seraient toujours propagés dans la même direction.

La modification dans la direction des plis se fait d'ailleurs progressivement et non par ressauts brusques ; par suite faut-il repousser absolument aussi bien la théorie qui veut voir dans les Pyrénées une chaîne coupée en deux par un rejet important à la vallée de la Garonne, que celle la considérant comme formée d'une série de chaînons obliques à sa direction générale. La carte tectonique (pl. I) est bien démonstrative à ce double point de vue.

Les massifs primaires séparés de la zone centrale et situés au Nord de l'axe, se présentent avec des directions peu différentes de celles des plis de la zone centrale, situés sur le même méridien. Une exception remarquable est toutefois fournie par le massif primaire des Corbières, dont le régime est tout à fait spécial. Tandis, en effet, que les plis de la zone centrale au méridien 0°, se dirigent Ouest-Est, avec légère tendance à s'incliner au Sud, ceux du Primaire des Corbières se portent pour la plupart N. 65° E. dans la partie occidentale, pour atteindre N. 20° à 25° E. dans la partie orientale. Ce sont des directions que l'on ne trouve nulle part dans la chaîne proprement dite des Pyrénées.

Sur le versant méridional, malgré l'incertitude qui règne encore pour le territoire espagnol, il est possible de se faire une idée générale de l'allure des plis primaires. On voit d'abord que dans toute la moitié orientale, jusqu'à la Noguera Ribagorzana (limite de la Catalogne et de l'Aragon), les plis primaires du versant méridional sont à peu près parallèles à l'axe, bien qu'un resserrement momentané se fasse sentir à l'E. de Prats de Mollo.

A l'Ouest de la Ribagorzana, il n'en est plus de même : les plis se rapprochent progressivement de l'axe en diminuant de nombre vers l'Ouest par la fusion des anticlinaux voisins. Après le méridien de Gavarnie et par suite du report de l'axe vers le Nord [1], de nouveaux plis apparaissent, pressés les uns contre les autres, au Sud du Vignemale ; la plupart d'entre eux durent peu, et ceux qui persistent un peu plus longtemps se courbent vers le Nord pour venir se fusionner avec l'axe A, en passant sous la couverture crétacée supérieure du massif d'Anie. Le rétrécissement rapide de la zone primaire méridionale vers l'Ouest est par conséquent dû en majeure partie à la diminution du nombre et de l'importance des plis primaires ; elle n'est pas le résultat de l'envahissement des couches secondaires transgressives, bien que des trangressions très importantes existent réellement, comme je l'indiquerai tout à l'heure.

Sur le versant septentrional, il en est différemment : c'est surtout à l'empiètement des couvertures secondaires qu'est due la diminution de la surface d'affleurement du Primaire.

Plis secondaires et tertiaires. Les plis secondaires et tertiaires du versant nord se présentent dans leur ensemble avec une direction très peu différente de celle de l'axe de la chaîne et ils suivent assez régulièrement l'allure générale des plis primaires. C'est ainsi que dans les Basses-Pyrénées ils dessinent une importante avancée vers le Nord tout comme ceux de la première catégorie ;

1. Je rappelle que ce report de l'axe n'est pas dû à une faille de rejet, mais à l'abaissement d'axe de l'anticlinal A, qui est relayé par un autre apparaissant par relèvement d'axe à peu près sur le même méridien.

c'est ainsi encore qu'à l'Est, tous les plis, qu'ils affectent le Primaire ou des couches plus récentes, changent de direction simultanément pour se porter vers le Nord.

Par contre, dans la région de Saint-Gaudens, il y a une légère différence entre la direction des deux séries de plis : les plis primaires se portent à quelques degrès au Sud de la ligne Ouest-Est, tandis que les autres se dirigent Ouest-Est, quelques degrès Nord.

Il arrive fréquemment que les plis qui intéressent le Primaire se poursuivent dans le Secondaire ou le Tertiaire. Le fait est surtout frappant dans les Corbières (synclinal 48, anticlinal XLVII, etc.), mais il se remarque aussi ailleurs. Au Sud de Saint-Girons, le pli XXXII (Secondaire) est sur le prolongement évident du pli XXXIII (Primaire) ; dans les Basses-Pyrénées, le pli qui a amené au jour le Primaire d'Hosta (anticlinal I) a aussi affecté les couches secondaires à l'Est et à l'Ouest de l'affleurement primaire.

Il existe aussi inversement des exemples de points où les plis primaires viennent buter obliquement, parfois même presque à angle droit avec la ligne qui limite les terrains secondaires, et cette ligne est presque toujours à peu près parallèle au tracé des plis secondaires. Ces faits se remarquent surtout entre la vallée du Salat et le méridien de Prades (Pyr.-Or.), mais il est à noter que dans tout ce parcours, le contact du Primaire et du Secondaire est anormal, et que le tracé des plis dans les bandes secondaires de cette zone est, pour diverses raisons, assez aléatoire.

Sur le versant méridional, l'état des études ne permet pas de se prononcer, en Catalogne, sur les rapports des plis des deux catégories. En Aragon, au contraire, on peut constater leur parallélisme presque absolu : l'anticlinal primaire VIII[a] a la même direction que les anticlinaux secondaires les plus voisins, XXI[a], XXII[a], XXIII[a] ; plus à l'Ouest, le grand anticlinal des Sierras, XX[a], est aussi parallèle à l'ensemble des plis primaires de la région de Sallent.

Il est bien entendu, d'ailleurs, que dans tout ce qui précède, je ne m'occupe que de la direction moyenne des plis, sans tenir compte des ondulations locales qui peuvent parfois être très accentuées. Il y a, toutefois, quelques irrégularités plus durables (Sud de Montréjeau, direction Sud-Ouest–Nord-Est : environs de Saint-Girons, directions très variables, mais dans le voisinage de grands chevauchements, etc.) et d'autres, d'une réelle importance, comme les suivantes.

Les plis des Petites Pyrénées ont une direction différant de quelques degrés de celle des plis secondaires les plus voisins (N. 110° à 117° E. pour les premiers, soit une différence de 15 à 20 degrés avec les seconds). Cette différence ne persiste pas d'ailleurs sur la feuille de Foix où tous les plis secondaires se dirigent N. 110° à 120° E..

Enfin le fait le plus saillant est la courbure des plis secondaires vers le Nord, en approchant de la Méditerranée [1]. Contrairement à ce qui a été dit souvent, ce sont bien les mêmes plis qui changent de direction et non pas deux systèmes

1. Ils ne font d'ailleurs qu'imiter le mouvement des plis primaires, comme je l'ai indiqué ci-dessus.

distincts qui viendraient se recouper sous un angle voisin de l'angle droit ; on peut notamment le constater sans ambiguité pour le synclinal 44.

Je ferai remarquer dans cette même région la direction absolument aberrante suivie par l'anticlinal LVIII[1].

En résumé, les plis primaires d'une part, les plis secondaires et tertiaires de l'autre, suivent des directions très voisines, sinon identiques, sauf sur des parcours spéciaux et limités. Le maximum de compression, dans le sens N.-S., s'est produit au méridien de Chalabre, les plis s'écartant les uns des autres à partir de là, aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est ; l'ensemble rappelle assez bien l'aspect d'une botte de paille dont le lien passerait à Chalabre. Il est assez étrange, d'ailleurs, que ce maximum de compression se soit fait sentir en un point où il n'y a pas de massif résistant visible au Nord avant les derniers contreforts de la Montagne Noire, qui sont assez éloignés.

Il est non moins étrange de voir les plis perdre leur direction Ouest-Est en approchant de la Méditerranée pour s'irradier au Nord et au Sud du bassin effondré de Perpignan, comme s'il avait existé autrefois en cet endroit un important massif résistant. Néanmoins et bien que l'hypothèse de l'existence de cet ancien massif résistant ait été proposée, je ne crois pas pouvoir l'admettre uniquement pour des raisons théoriques qui ne sont appuyées par aucun fait observé.

C'est dans la partie orientale que le nombre et l'intensité des plis atteignent leur maximum ; en avançant vers l'Ouest ils deviennent moins nombreux, soit qu'ils se perdent lentement par un nivellement graduel des axes synclinaux et anticlinaux, soit qu'ils disparaissent brusquement par un plongement rapide, comme cela se voit pour plusieurs d'entre eux, sur la feuille de Mauléon notamment.

V. — Failles

A. Failles verticales

1. *Versant septentrional*

Les *failles verticales* sont rares et de peu d'importance ; ce sont pour la plupart des failles ayant provoqué des rejets de faible étendue. Je citerai seulement quelques-unes d'entre elles, renvoyant pour plus de détails à la *Géologie des Pyrénées françaises*.

La *faille de Lasseube* qui fait apparaître du Trias à la partie tout à fait supérieure du Crétacé (direction Ouest-Est).

La *faille de Béchacq* près d'Arthez d'Asson (feuille de Tarbes) dans les calcaires et schistes du Crétacé inférieur.

Les *failles de Peyrecave, de Sauterne et d'Aurignac* dans les Petites Pyrénées à l'Ouest de la Garonne, dirigées N. de 20° à 33° E..

La petite *faille* de rejet *de Roquefixade* (Ariège).

Dans les Corbières et la région avoisinante, les accidents de cette nature deviennent plus fréquents. A noter :

Les *failles de Sauzil*, entre Nébias et la vallée de l'Aude ; deux cassures parallèles dans le Crétacé supérieur et l'Eocène, à direction N. 140° E..

Les *failles d'Alet*, série de onze petites cassures dans le Danien ou l'Eocène, l'une d'elles à la limite du Primaire. Direction moyenne Sud-Ouest–Nord-Est.

Les *failles du plateau de Grane*, près Rennes-le-Château; série de petites fractures dans le Danien à direction comprise entre N.-S. et Sud-Sud-Ouest–Nord-Nord-Est.

Les *failles des environs de Bugarach* ; plusieurs cassures dans le Crétacé supérieur ; direction Sud-Ouest–Nord-Est. Les *failles de Fourtou* se présentent dans les mêmes conditions.

Les *failles de Rouffiach et du bois de l'Anayrac*, près Duillac, dans le Trias et le Crétacé supérieur ; toujours direction Sud-Ouest–Nord-Est.

La *faille du Col de la Croix*, près Duillac, dans le Crétacé supérieur, à direction se rapprochant de la ligne N.-S..

La *faille de Duillac*, dans le Crétacé supérieur; presque Ouest-Est.

Les *failles des environs d'Arques* dans le Danien et l'Eocène ; deux sont dirigées Nord-Nord-Est–Sud-Sud-Ouest, une autre Ouest-Est.

Des cassures de même direction que la majorité des failles relatées ci-dessus, c'est-à-dire Nord-Nord-Est–Sud-Sud-Ouest, se voient aussi dans le massif primaire des Corbières : la *faille de Félines* et la *faille de Souraille* notamment.

Plus au Nord, dans la région presque exclusivement tertiaire du Sud de la feuille de Carcassonne, il existe d'assez nombreuses cassures oscillant autour de la direction Nord-Est–Sud-Ouest ; la plupart sont situées entre Lagrasse et le massif primaire.

Dans le massif de l'Alaric, il y a deux failles à direction générale Nord-Nord-Est–Sud-Sud-Ouest qui semblent bien être des failles verticales, malgré leur allure un peu sinueuse : ce sont celles de *Moux* (ramenant du Dévonien) et de *Pradelles en Val*. La *faille de Preixan* à direction très voisine de Ouest-Est, tout à fait rectiligne, se trouve sur le prolongement du pli de l'Alaric (anticlinal LVI).

Sur la feuille de Narbonne, la *faille de Portel* au Nord-Ouest du village de ce nom, entre l'Aquitanien lacustre et le calcaire aptien, semble rentrer dans la catégorie que j'examine dans ce paragraphe ; direction Sud-Ouest–Nord-Est.

Enfin les *failles du massif de la Clape*, dessinées d'après les relevés de M. Doncieux, sont aussi des failles verticales.

On voit que les failles de cette catégorie, extrêmement rares et très courtes dans la plus grande partie de la région, ne commencent à prendre un peu d'importance que dans les Corbières et les parties avoisinantes, et que leur direction la plus fréquente est Nord-Est–Sud-Ouest dans cette région, Nord-Sud dans le reste de la chaîne.

2. *Versant méridional*

La faille du bois de Petraoube, au Sud-Ouest de Bédous, à la limite des feuilles

de Mauléon et d'Urdos, est en France, mais au S. de l'axe : elle met en contact le calcaire turonien-sénonien avec les schistes sénoniens supérieurs et daniens.

La faille de Santa Eulalia la Mayor, au N.N.E. de Huesca, est une faille de rejet importante, qui fait remonter sa lèvre orientale vers le N. de 10 kilomètres.

La faille de Benavente à l'Ouest de la Conca de Tremp a produit un mouvement analogue à celui de la faille de Santa Eulalia, avec un rejet vers le Nord de la lèvre orientale, semblant bien atteindre une vingtaine de kilomètres. Toutefois les études dans cette région sont encore trop incomplètes pour qu'on puisse se prononcer avec certitude sur le rôle et la longueur de cette faille.

Les failles au Nord de Bielsa. Deux cassures à peu près verticales encaissent une bande permienne tombée entre deux massifs de granite.

B. Failles de chevauchement

Celles-ci sont très nombreuses et ont eu une influence capitale sur la structure de la région pyrénéenne, mais je crois inutile de les examiner ici, car leur étude se trouvera forcément jointe à celle des chevauchements eux-mêmes dans le paragraphe suivant.

VI. — Charriages, chevauchements et renversements

A. Charriages et chevauchements

1. *Versant septentrional*

Le premier chevauchement que j'aie à signaler en partant de l'Ouest est celui de *Caseville* sur le bord de l'Océan, un peu au Sud de Biarritz. Le Trias a chevauché vers le Sud sur le Crétacé supérieur dont il est séparé par la faille de Caseville. Cet accident ne peut être suivi dans l'intérieur des terres à cause des dépôts tertiaires et quaternaires : il n'a d'ailleurs que peu d'importance et je n'en aurais pas parlé ici, si les environs de Biarritz n'avaient pas été l'objet de très nombreux travaux et n'étaient ainsi devenus classiques en quelque sorte.

Pic de Bergons (Bergon). Comme je l'ai déjà exposé [1], le pic de Bergons est le seul point de la feuille d'Urdos qui présente des couches jurassiques et crétacées inférieures ; l'explication la plus plausible de leur présence est qu'elles ont été amenées par un charriage, mais celui-ci ne pourrait venir que du Nord. Il est au Sud de l'axe général.

Col d'Arrioutort. Au-dessus d'un lambeau crétacé supérieur, voisin du col, se voit un peu de Carboniférien en recouvrement. Ce dernier peut venir aussi bien du Nord que du Sud, des affleurements dinantiens existant à une petite distance dans les deux directions.

Chevauchement de Bostmendy. Chevauchement vers le Nord depuis les environs de la pyramide d'Aphanicé jusqu'au delà de Licq-Atherey : le Lias recouvre le Gault et se présente même dans quelques petits lambeaux détachés.

1. La *Géologie des Pyrénées françaises*, fascicule VI, p. 3790.

Montory-Etchebar. Le lambeau de Montory-Etchebar, composé de Trias avec ophite, Lias et Aptien, repose sur l'Albien ; c'est un paquet de couches détaché de la bordure des terrains primaires et poussé vers le Nord, à une petite distance d'ailleurs (1 ou 2 kilomètres).

Bois de Pesse Blanque et pic d'Arguibèle (au Sud d'Arette). A peu de distance à l'Est du lambeau précédent, s'en trouve un autre de même composition et recouvrant de même les schistes albiens. Il a cheminé vers le Nord de trois à quatre kilomètres, à partir d'une racine visible.

Aussurucq. A l'Ouest de ce village, une faille d'étirement a produit un chevauchement très faible vers le Nord.

Chevauchement de Sarrance. Une faille à contours extrêmement sinueux débute à la vallée de Lourdios et se poursuit par le Nord de Sarrance, le Sud du col d'Aran et arrive à la vallée d'Ossau un peu au Nord de Bélesten. Dans ce trajet, c'est une faille de chevauchement très nette vers le Sud ; l'Albien est recouvert par l'Aptien, le Lias, l'ophite, etc.. Au delà la faille continue sur la feuille de Tarbes (*faille de Ferrières*), mais elle se redresse et devient non seulement verticale, mais même légèrement inclinée au Nord. Elle se poursuit encore sur la feuille de Bagnères (faille de Saint-Béat) jusqu'au delà de Saint-Béat, toujours presque verticale et limitant au Sud la bande des calcaires marmoréens secondaires.

Mail Arrouy et pic Bisarce. Entre le Mont Binet et la vallée de Barescou, une faille occasionne un chevauchement vers le Sud de l'Aptien ou de la dolomie jurassique sur les schistes albiens. Sur la rive gauche du gave d'Aspe, le pic Bisarce montre aussi un chevauchement vers le Sud-Ouest, sur le prolongement de l'accident précédent. L'amplitude de ces mouvements a été très faible.

Chevauchement de Lourdes. Une faille qui va de Saint-Pé à Arcizac-ès-Angles a produit un léger chevauchement vers le Nord du Jurassique et de l'Aptien sur l'Albien.

A *Cieutat,* petit chevauchement au Sud, et à *Gourgue*, chevauchement au Nord par des failles limitant le Crétacé supérieur et l'Eocène.

Faille de Montgaillard à Hont-Caoute (Capvern). Ligne de chevauchement de faible amplitude, vers le Nord, de l'Albien et du Cénomanien sur le Sénonien.

Lambeaux de recouvrement de la région de Bagnères-de-Bigorre. Entre les vallées du Gave de Pau et de l'Adour, se montrent une série de lambeaux de calcaires et dolomies jurassiques ou aptiens entourés de schistes albiens ; ce sont des lambeaux de recouvrement venus du Sud, puisque les couches qui les constituent n'existent pas au Nord.

Le chevauchement du Monné vers le Nord se continue sur la rive droite de l'Adour où la dolomie jurassique recouvre les schistes aptiens.

Faille de Campan. Une faille commençant sur la rive gauche de l'Adour, passe à Campan et aboutit à Sarrancolin dans la vallée d'Aure ; elle fait chevaucher le Lias vers le Sud sur les schistes albiens.

Elle est suivie de près au Sud par la faille de Ferrières, dont j'ai parlé ci-dessus.

La faille d'Arreau, qui vient ensuite, fait légèrement chevaucher vers le Nord le Dévonien sur le Carboniférien.

La faille d'Adast qui passe un peu au Sud de ce village fait chevaucher le Dévonien supérieur sur le Silurien supérieur vers le Sud dans sa partie orientale ; le chevauchement est en sens inverse à l'Ouest d'Adast.

Vient ensuite la *faille de Barèges* qui, commençant entre les Gaves de Cauterets et de Pau, au Nord du pic de Soulom, passe au Nord de Barèges et du col du Tourmalet pour cesser au Sud de Gripp ; elle est chevauchante au Sud.

Faille du pic du Gar et de la Bellongue. Le massif primaire qui occupe les environs de Mauléon-Barousse cesse brusquement de se montrer au jour, à l'Est de la vallée de la Garonne, par suite d'un chevauchement vers le Sud du massif secondaire du Gar et de Cagire. Ce massif secondaire, non métamorphique, recouvre non seulement l'affleurement primaire, mais aussi la bande de calcaires secondaires métamorphiques qui, venant de l'Ouest, disparaît après Cap de Mount en s'enfonçant sous le massif de Cagire. Cette faille se continue dans la Bellongue à la limite du Primaire et du Secondaire, avec des contours sinueux qui font supposer l'existence d'un chevauchement qui n'est pas directement observable. Après Castillon, cette cassure remonte vers le Nord, passe à Engomer, et prenant la direction S.E., passe à Alos et cesse avant Soueix ; entre les vallées du Lez et du Salat, il y a, le long de cette faille, chevauchement vers le N.E., peu accentué.

Chevauchement du Tuc de Jugnède. A une petite distance de la dernière partie de l'accident précédent et au N.E., se voit un très beau pli couché avec chevauchement et suppression de couches, le pli de Jugnède, dans les environs de Saint-Girons. Ce pli, que j'ai décrit avec détails dans plusieurs publications [1], est poussé N. 110° E. entre Montégut et Moulis, N.E. entre Moulis et Alos, Nord au méridien de Rogalle.

Chevauchement du Pic de la Serre. Au Nord d'Engomer, le calcaire aptien qui constitue cette montagne et supporte la forêt de Larroque, chevauche, vers le Sud et l'Est, différentes assises jurassiques : au Tuc de Castérot, l'Albien est poussé vers le Sud par un second chevauchement superposé au premier.

Lambeau d'Engomer. Ce petit lambeau de charriage, détaché de sa racine, se compose de Lias et de dolomie jurassique, coupant obliquement les bandes primaires et jurassiques sur lesquelles il repose, avec un pendage tout à fait différent. C'est un fragment détaché de la masse chevauchante du Pic de la Serre.

Faille de Castagnède. Dans le troisième fascicule de *La Géologie des Pyrénées françaises*, j'avais indiqué sous le nom de faille de Rouède, une grande cassure traversant toute la feuille de Saint-Gaudens, d'Escala à Lara. Mes nouvelles observations m'ont amené à supprimer cette faille dans la plus grande partie de son parcours, les phénomènes qui m'avaient incité à la tracer s'expliquant par des transgressions et des discordances de dépôt.

Je la maintiens seulement à partir de la vallée d'Arbas vers l'Est ; mais c'est surtout à partir de Lacave que la succession anormale devient évidente par l'intercalation de lambeaux de couches secondaires diverses entre l'Albien et le Cénomanien (Lias et Trias à Bonrepaux ; Aptien à Caumont ; Lias et Trias à Mercenac

1. Notamment dans le troisième fascicule de *La Géologie des Pyrénées françaises*, p. 1809

et Taurignan-Castet; Aptien, dolomie jurassique, Lias moyen, Lias inférieur et Trias au Sud de Lara). A Lacave, c'est le Cénomanien (lèvre nord) qui recouvre l'Albien (lèvre sud); au contraire, à Bernech près Taurignan-Castet, le calcaire aptien chevauche le Cénomanien vers le Nord.

L'accident se poursuit sur la feuille de Pamiers (faille de Baulou) par Clermont, Baulou, le Sud de Pradières et vient rejoindre, à Leychert, la faille de Foix; dans toute cette partie, cette faille est voisine de la verticale. C'est seulement à la limite occidentale de la feuille de Pamiers qu'il existe un léger chevauchement vers le Nord.

Faille de Salies-du-Salat et de Camarade. Ce contact anormal qui limite au Sud les Petites Pyrénées, passe au Sud de Montsaunès et de Salies, au Nord de Betchat, entre Bagert et Bedeille, puis (sur la feuille de Pamiers) au Sud de Lasserre, à Camarade, au Sud de Baulou; il vient ensuite se confondre avant la vallée de l'Ariège avec la faille de Baulou.

Dans sa première partie (sur la feuille de Saint-Gaudens), cette faille semble verticale, mais l'observation est rendue difficile par le peu de consistance des terrains qui constituent ses deux lèvres et s'éboulent avec une grande facilité. Au contraire, sur la feuille de Pamiers, elle a produit le remarquable chevauchement vers le Nord des environs de Camarade, où le Cénomanien, avec son soubassement primaire, recouvre indiscutablement le Crétacé supérieur et l'Eocène. On voit, en effet, les différentes assises de ces terrains disparaître successivement sous la masse chevauchante pour reparaître à quelques kilomètres plus loin, sans avoir subi de déviation sensible.

Lambeaux triasiques de Salies-du-Salat, Betchat et Latour. Je ne puis donner ici la description détaillée de ces divers lambeaux [1]; je me bornerai à rappeler que ces affleurements sont situés dans le fond des vallons, les collines environnantes étant formées de Crétacé supérieur et d'Eocène. Il y a une différence de niveau de 450 mètres entre le sommet des collines et la profondeur du Trias reconnu dans les sondages, sans d'ailleurs qu'on en ait trouvé le fond; il est donc absolument impossible d'admettre avec M. Léon Bertrand que le Trias est en recouvrement sur le Crétacé supérieur et l'Eocène, puisqu'il se trouve à 450 mètres au moins plus bas. D'autre part, le Trias supporte le Crétacé supérieur et l'Eocène par la tranche, ce qui rend impossible aussi d'attribuer à une lacune suivie de discordance de dépôt les rapports des deux séries de couches. Une seule explication me semble acceptable, c'est celle d'un chevauchement vers le Sud du Crétacé supérieur et de l'Eocène sur le Trias.

Lambeau éocène de Baulou. Ce lambeau occupe une position des plus étranges, il recoupe des assises d'âges divers depuis le Trias jusqu'au Sénonien, sans avoir avec elles aucune liaison. Une exploration de grotte faite récemment par M. Martel a montré qu'il existe sous ce lambeau une rivière souterraine venant au jour précisément à son extrémité orientale; ceci est une nouvelle preuve que l'Eocène n'est pas enraciné sur place, qu'il n'a qu'une très faible épaisseur et repose sur les marnes imperméables du Cénomanien ou du Sénonien.

1. Voir *La Géologie des Pyrénées françaises*, 3e fascicule, p. 1819.

Mais s'il est indiscutable que l'Eocène de Baulou est un lambeau hors place, il est difficile de comprendre quel phénomène a pu l'amener là où nous le voyons aujourd'hui. En effet, l'Eocène existe seulement au Nord de Baulou, et ses couches, bien que souvent redressées et mêmes renversées, n'ont pas eu à supporter de puissants efforts orogéniques : leur allure est calme. D'ailleurs, pour amener ce lambeau à l'endroit où il se trouve actuellement, il aurait fallu un charriage venu du Nord, alors que les poussées subies par l'Eocène en place sont manifestement en sens inverse. Je ne vois en définitive qu'une explication possible et elle est peu satisfaisante : c'est qu'avant les grandes érosions qui ont modelé le sol, les dépôts éocènes se prolongeaient en voûte vers le Sud jusqu'au delà de Baulou et que, un cours d'eau, souterrain peut-être, ayant enlevé les couches moins résistantes sur lesquelles il reposait, le lambeau calcaire en question est tombé verticalement sur les couches plus anciennes non érodées.

Failles du signal des Monges. Plusieurs cassures parallèles se montrent dans les petites montagnes au Nord de Leychert ; elles sont fréquemment verticales et devraient être classées dans le paragraphe précédent si l'une d'elles ne prenait à l'Est une allure sinueuse dessinant presque un demi-cercle auprès de Péreille. Dans cette partie, le Sénonien, le Danien, et l'Eocène viennent successivement recouvrir le Cénomanien.

Faille de Roquefort. Limitant au Nord le massif montagneux de Leychert-Roquefixade, elle est verticale autant qu'il est possible de s'en assurer.

La *faille de Foix*, qui s'étend du col del Bouich à Bélesta (Ariège), limite au Sud le massif montagneux du Pech Saint-Sauveur et du Pech de Foix, qu'elle sépare de la dépression sénonienne de Montgaillard-Nalzen. Cette faille est verticale ou inclinée au Nord, c'est-à-dire que le Pech de Foix, composé de Trias et Lias, chevauche le Sénonien vers le Sud, notamment entre Sézenac et Leychert. Le chevauchement se fait d'ailleurs suivant une ligne très inclinée.

Faille de Castelnau-Durban. Je la fais commencer vers Soueix, passer à Lacourt en remontant au Nord, puis se diriger vers l'Est par Castelnau-Durban, au S.E. sur Foix et Labat, de nouveau à l'Est par Freychenet et Montségur.

Cet accident sépare sur tout son parcours le Primaire du Secondaire. C'est une faille le plus souvent verticale, qui devient légèrement chevauchante au Nord vers Castelnau-Durban. Mais, après l'Ariège, le chevauchement vers le Nord s'accentue et se maintient jusqu'à Montségur, quoique avec une faible amplitude comme toujours.

Une faille qui pourrait presque rentrer dans la catégorie des failles verticales est *celle du col de Port* qui va d'Aleu au col de Port, limitant au Nord les divers affleurements secondaires.

Après un intervalle où elle ne peut être suivie, cette faille reprend au Nord de Saurat, limitant toujours au Nord les affleurements secondaires, passe à Tarascon, au Nord de Caussou et se dirige sur Belcaire. Dans tout ce parcours, la cassure est plus ou moins verticale et les chevauchements qui se trouvent dans son voisinage sont indépendants d'elle ; toutefois il semble y avoir chevauchement au N.E., entre Tarascon et Cazenave.

Charriages du bassin de Tarascon-sur-Ariège[1]. Entre Saurat et Tarascon, existent une série de lambeaux de recouvrement dont le plus important est celui de la montagne de Sédour. Ces divers lambeaux, entièrement détachés de leurs racines, sont composés de Jurassique et de calcaire aptien reposant sur le Gault, parfois par l'intermédiaire d'un peu de Trias ; ils ont été charriés du Sud vers le Nord et quelques-uns d'entre eux sont venus buter contre le gros massif granitique d'Amplaing.

On remarque en outre, dans cette même région, des chevauchements où la masse supérieure n'a pas été séparée de sa racine : celui de Rabat (Aptien sur Albien); celui de l'Ouest de Quié (schistes primaires verdâtres avec minerai de fer et Trias sur Albien); ceux de Lujat près Cazenave, celui de la Bessède au Sud de Tarascon (Aptien et dolomie jurassique sur Albien); celui de Niaux entre les vallées du Vicdessos et de l'Ariège (Lias sur Aptien). Presque tous ces chevauchements sont dirigés plus ou moins exactement vers le Nord; seul le petit accident de la Bessède fait exception et chevauche au Sud.

Bande secondaire de Vicdessos. Ces couches me semblent bien en contact par faille sur tout leur pourtour avec les terrains primaires, mais elles n'ont dû être déplacées de leur position originelle que d'une quantité extrêmement faible.

Faille de Mérens. Grand accident séparant le Dévonien ou le Carboniférien au Sud du Primaire le plus inférieur au Nord. Suivant les renseignements donnés par les auteurs sur cette région que je n'ai pas visitée personnellement, cette faille serait verticale ou faiblement inclinée au Nord.

Faille de Fougax-Saint-Ferriol. Elle se détache de celle de Castelnau-Durban entre Montferrier et Montségur, passe au Nord de Fougax, au Sud de Bélesta (Ariège), au Sud de Puivert et de Nébias, au Nord de Quillan, à Saint-Ferriol, et vient disparaître sous le recouvrement du pic de Bugarach. C'est une très belle faille de chevauchement vers le Nord, à allure sinueuse ne laissant aucun doute sur sa nature ; le chevauchement peut d'ailleurs se vérifier directement en plusieurs points, notamment au Mas près Bugarach où les couches verticales du Turonien et du Cénomanien reposent par une surface presque horizontale sur les marnes à *Micraster* du Sénonien.

L'horizontalité de la surface de contact est du reste très rare, et la ligne de discontinuité est le plus souvent assez peu éloignée de la verticale.

Faille de la forêt d'Embeyre. Des environs de Montségur à la faille de Belcaire. Cette cassure à direction presque Nord-Sud limite à l'Est le massif primaire du Saint-Barthélemy.

Faille de Lasqueille. C'est la continuation vers l'Est de la faille de Castelnau-Durban que j'ai arrêtée à Montségur. De ce village, elle descend un peu au S.E., puis après la fontaine de Lasqueille, se dirige à l'Est pour venir enfin par une courbe vers le Sud, rejoindre la faille de Belcaire. Le chevauchement vers le Nord occasionné par cette cassure est bien accentué dans la première partie (calcaire aptien sur Albien), puis la ligne de contact se redresse et devient verticale.

1. Pour la description détaillée de la structure de la région de Tarascon, voir *La Géologie des Pyrénées françaises*, 4e fascicule, p. 2579.

Faille de Belcaire-Lesquerde. Cet accident, qui est probablement la suite de la faille du Col de Port, passe à Comus, au Nord de Belcaire, au Sud d'Espezel, au Nord du roc de la Serre, aux gorges de Saint-Georges, vers Fenouillet, au Nord de Lesquerde, traverse la route nationale auprès du pont du ruisseau de Maury et se dirige au N.E. vers Vingrau pour se terminer peu après ce village.

Au début cette faille est presque verticale, mais après qu'elle a dépassé la vallée du Rébenty, elle prend une allure sinueuse et devient une faille de chevauchement vers le Nord, très nette sur presque toute sa longueur. Les points où cette allure est le plus accentuée sont : entre la vallée du Rébenty et celle de l'Aude, où plusieurs lambeaux détachés ont été poussés sur les schistes albiens ; les environs de Vingrau. Néanmoins la surface de contact anormal est la plupart du temps beaucoup plus voisine de la verticale que de l'horizontale.

Les deux lèvres de cette faille sont formées de différentes assises secondaires.

Dans la région de Tautavel, cette cassure est accompagnée de deux failles de faible longueur, dirigées à peu près Sud-Ouest–Nord-Est et chevauchant, comme la faille principale, vers le Nord-Ouest.

La *faille de Rodome* peu étendue, est également chevauchante au Nord.

Faille d'Aulus. La ligne de contact anormal qui limite au Sud les calcaires cristallins du Secondaire et que j'ai dénommée faille d'Aulus, se continue vers l'Est par Camurat, le Sud d'Aunat, Sainte-Colombe, Montfort, Sournia jusqu'à l'extrémité de l'affleurement des terrains secondaires au Nord de Nefliach. Elle n'a franchement le caractère d'une faille de chevauchement qu'entre les vallées du Rébenty et de l'Aude ; partout ailleurs elle est voisine de la verticale.

Arrivée à l'extrémité orientale des affleurements secondaires, la faille les contourne pour revenir à l'Ouest-Nord-Ouest par Vivier jusqu'à la faille de Belcaire-Lesquerde. Ses caractères sont, dans cette partie, analogues à ceux que j'ai indiqués ci-dessus : ligne de contact entre le Primaire et le Secondaire généralement verticale, parfois un peu inclinée au Nord.

Salvezines. L'affleurement primaire de Salvezines semble entouré par une ligne de contact anormal.

Faille de Joucou. Cet accident de faible longueur est intéressant à cause de la direction du chevauchement qu'il occasionne et qui se porte vers le Sud (Aptien sur Albien).

Faille de Puilaurens. A son début, auprès du village de Puilaurens, cette cassure se présente dans les mêmes conditions que celle de Joucou et fait chevaucher l'Aptien sur l'Albien vers le Sud, mais, à la traversée du ruisseau de Caudiès, elle devient presque verticale et se continue ainsi jusqu'au moment où elle rejoint la faille de Belcaire-Lesquerde, avant le Pont de la Fou (Saint-Paul de Fenouillet).

Faille de Saint-Louis. Accident de première importance commençant vers le col de Saint-Louis, pour venir contourner par le Nord le pic de Bugarach, suivre le versant septentrional de la montagne de Capronne, se porter vers Padern, traverser le Verdouble et se perdre sous des terrains récents. La lèvre méridionale de cette faille est toujours constituée par le Lias inférieur ou le Trias,

tandis que la lèvre septentrionale présente les différentes assises du Crétacé supérieur et exceptionnellement du Lias. C'est une faille de chevauchement vers le Nord très remarquable : le pic de Bugarach fait partie de la nappe de recouvrement qu'elle a produite et la montagne de Tauch est un important lambeau détaché de la même nappe. Néanmoins, excepté en ces deux points (pic de Bugarach, montagne de Tauch), la ligne de contact est fortement inclinée.

La *faille de Cubières* double en quelque sorte la précédente sur les trois quarts de sa longueur, et a produit comme elle un chevauchement vers le Nord, mais de moindre amplitude. Elle met en contact le Cénomanien au Sud avec le Sénonien au Nord.

La *faille du Roc Serret,* au Nord de Saint-Paul de Fenouillet, située au Sud de celle de Saint-Louis, sur une faible longueur, fait chevaucher, toujours vers le Nord, l'Aptien calcaire sur le Lias inférieur. A la traversée de l'Agly, il y a donc trois chevauchements superposés.

Au milieu du massif des Corbières se voit la *faille du Cardou* qui va du Sud de Couiza jusqu'à Albières ; elle a produit un léger chevauchement vers le Nord du Primaire sur le Danien, depuis la Sals jusqu'à son extrémité orientale.

On trouve encore dans les Corbières centrales, au Nord de la montagne de Tauch, la *faille de Maisons-Quintillan,* faille de chevauchement qui fait avancer le Silurien sur le Carboniférien vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire dans une direction reconnue seulement, parmi les accidents que j'ai passés en revue, dans les failles des environs de Tautavel et de Vingrau.

Laissant de côté quelques petites cassures peu importantes du massif primaire, j'arrive à la *faille de Roquetaillade* qui, dans sa partie orientale tout au moins, joue un rôle semblable à celui de la faille du Cardou : elle sépare le Primaire au Sud du Danien ou de l'Eocène et fait légérement chevaucher au Nord sa lèvre méridionale. A l'Ouest de l'Aude, elle chemine au milieu des diverses assises de l'Eocène, en devenant à peu près verticale.

Dans la zone côtière de la Méditerranée, comme je l'ai déjà fait remarquer, les accidents prennent une direction se rapprochant de la ligne N.-S.. La *faille de Roquefort des Corbières* n'est encore dirigée que Sud-Ouest–Nord-Est ; elle fait chevaucher vers le Nord-Ouest, l'Aptien sur l'Albien ; mais la *faille de Villesèque* à l'Est de Durban est Nord-Sud et même Nord-Ouest–Sud-Est ; elle fait chevaucher vers l'Ouest, la dolomie jurassique surmontée du calcaire aptien sur les diverses assises du Lias et du Trias.

La *faille de l'étang de Treilles* et la *faille de Fontfroide* sont l'une et l'autre dirigées S.-N., et sont toutes deux chevauchantes vers l'Ouest, la première avec Lias sur Albien, la seconde avec Cénomanien ou Albien sur le Sénonien.

Enfin pour terminer ce qui a trait au versant septentrional, il ne me reste plus à citer que les *failles des environs de Fontjoncouse.* Ces cassures, extrêmement sinueuses, font chevaucher vers le Nord-Ouest, le Trias, le Lias et l'Aptien sur le Crétacé supérieur ou l'Eocène. L'affleurement de Lias du Sud de Coustouge, isolé au milieu de l'Eocène, est certainement un lambeau de charriage détaché de la nappe de recouvrement de Fontjoncouse.

2. *Versant méridional*

Faille de Roncevaux. Cette cassure, assez difficile à étudier, semble verticale ou très légèrement chevauchante au Sud (Primaire sur Crétacé supérieur).

La *faille de Sainte-Engrace*, située un peu plus au Nord a, sans ambiguité, le caractère d'une faille de chevauchement vers le Sud. Elle commence dans la haute vallée de la Nive, en amont d'Esterençuby, passe au Sud de Larrau; à Sainte-Engrace, à Accous, et se termine un peu avant d'avoir atteint la vallée des Eaux-Chaudes. Sa longueur est de 60 kilomètres. Elle sépare le Turonien, le Sénonien et le Danien au Sud, du Primaire, du Trias et du Cénomanien au Nord ; ces trois derniers terrains chevauchent, incontestablement vers le Sud, les divisions supérieures du Crétacé. Ce chevauchement n'est généralement pas très accentué et la ligne de contact assez peu éloignée de la verticale; toutefois, il en est différemment dans les environs de Larrau et surtout de Sainte-Engrace où le recouvrement s'étend sur 3 ou 4 kilomètres et où surtout il existe des lambeaux de recouvrement primaires détachés de leurs racines (Oyhanart, Heylé-Lacoura).

Ce lambeau d'Heylé-Lacoura est l'un des plus nets et des plus intéressants que l'on puisse voir : le Primaire occupe le sommet de la montagne, alors que tout autour et au-dessous de lui on suit sans discontinuité les dépôts crétacés supérieurs.

Faille d'Eaux-Bonnes. Cet accident va du Pic Montaut à Gourette après avoir passé par Eaux-Bonnes; son trajet, extrêmement sinueux, ne laisse aucun doute sur sa nature: c'est une faille de chevauchement très net vers le Sud, amenant le Dévonien et parfois le Permien au-dessus du Crétacé supérieur. La masse chevauchante, très puissante, est affectée de nombreux plissements.

Cette faille, qui n'a pas moins de 20 kilomètres de longueur, relaie celle de Sainte-Engrace, de sorte que l'accident marqué par ces deux failles, s'étend sur 80 kilomètres.

Au S. d'Eaux-Bonnes et d'Eaux-Chaudes, on remarque au-dessus du Crétacé supérieur un certain nombre de lambeaux dévoniens isolés, dont l'un est situé sur la rive gauche du gave d'Ossau et dont le plus important est celui du signal de Gourzy. Ce sont des morceaux détachés par l'érosion, de la nappe de charriage de la faille d'Eaux-Bonnes, laquelle devait s'étendre originairement sur une longueur de plus de 6 kilomètres.

Faille d'Eaux-Chaudes. Une autre faille de chevauchement se remarque au-dessous et un peu au S. de la précédente; le substratum et la masse chevauchante sont tous deux composés de Crétacé supérieur, mais parfois séparés par des affleurements triasiques. La direction du charriage est vers le Sud, comme pour la faille principale.

Faille d'Arrens. Commençant non loin de Gourette, elle vient aboutir au S. d'Arrens, faisant légèrement chevaucher le Dévonien inférieur et même le Silurien sur le Dévonien supérieur. Toujours vers le Sud.

Faille de Viscos. Elle se détache de la précédente vers la Roche de Bazen, traverse les gaves d'Estaing et de Cauterets et se termine au delà de Viscos. Avec ses deux lèvres toujours formées de Silurien ou de Dévonien, elle n'est

franchement chevauchante au Sud que vers son origine ; dans le reste du parcours, elle est presque verticale.

Faille du lac d'Estaing ou du col de Sallet. Va du col de Taouseilla aux environs de Cauterets entre le Dévonien inférieur au Nord et le Carboniférien au Sud. C'est une faille de chevauchement au Sud.

Faille de Pragnères. Chevauchement du Carboniférien sur le Dévonien inférieur dans la direction du Sud suivant une ligne très sinueuse, qui, partant de l'Ouest de Gèdre, contourne la vallée de Cestrède, passe à Pragnères et aboutit au ruisseau de Badet.

Faille du Gave d'Aspé, à l'Ouest de Gèdre. Met en contact le Dévonien ou le Silurien de sa lèvre méridionale avec le Carboniférien ou parfois le Dévonien de la lèvre opposée. Elle chevauche légèrement vers le Sud.

Charriages de Gèdre-Gavarnie. Faille de Gèdre. Un charriage extrêmement important se montre dans cette région, la masse chevauchante reposant sur le substratum par un plan de contact anormal voisin de l'horizontale, et nommé par M. Bresson faille de Gèdre.

Je ne puis reprendre ici l'étude détaillée de ce remarquable accident [1] ; je me bornerai à rappeler que sur le Silurien métamorphique des trois vallées de Gavarnie, de Héas et de la Géla, repose en discordance de dépôt et presque horizontalement un calcaire appartenant au Crétacé supérieur. Sur ce Crétacé dont il est séparé par la ligne principale de chevauchement, repose un énorme lambeau de recouvrement primaire, composé lui-même d'une série de lames superposées : on trouve en effet au-dessus du Crétacé en allant de Gèdre au Piméné par les granges de Coumély, le Silurien supérieur, le Dévonien supérieur, le Dévonien inférieur, le Dévonien supérieur, le Carboniférien.

Cet énorme charriage vers le Sud n'a pas moins de 25 kilomètres de largeur de l'Est à l'Ouest et de 18 kilomètres du Nord au Sud, dans le sens du mouvement. En effet les récentes études de M. Dalloni ont montré qu'il se continue bien plus loin au Sud qu'on ne le pensait auparavant, jusqu'à Espierba, et que trois lambeaux de recouvrement détachés indiquent une ancienne extension de la nappe plus grande encore (lambeaux de Bielsa, de Punta Suelza, entre Punta Suelza et Gistain).

Faille du Cirque de Gavarnie. Va du Port-Bieil au Sud du port de Boucharo. Faille de chevauchement vers le Nord, entre le Sénonien et le Danien.

Faille du Pic Mène (haute vallée de la Cinquetta). Dans le substratum du remarquable charriage de Gèdre, on voit en Espagne une faille entre le Silurien inférieur au Nord et le granite au Sud, avec chevauchement dans cette dernière direction.

Après avoir suivi ainsi cette zone de grands accidents, il faut revenir un peu en arrière pour signaler quelques failles de moindre importance.

Faille d'Aguas-Tuertas, dans la vallée de ce nom, en Espagne au Sud-Ouest

1. Voir *La Géologie des Pyrénées françaises*, fascicule II, p. 1128, 1150, etc..

d'Urdos. Entre le Carboniférien au Nord et le Permien au Sud : chevauchement peu accentué vers le Sud.

Faille du pic du Midi d'Ossau. Au Sud de ce pic, petite faille de chevauchement vers le Sud entre le Dévonien et le Carboniférien.

Faille de Boucharo. La ligne de contact anormal qui sépare le Crétacé supérieur de la masse primaire chevauchante entre Gavarnie et le port de Boucharo, se continue au delà de ce point vers l'Ouest, mais avec un caractère bien différent. Inclinée au Nord dans la partie française, elle devient verticale à la frontière, puis s'incline au Sud de sorte que, de Boucharo au rio Gallego, c'est le Crétacé qui chevauche vers le Nord. Au delà vers l'Ouest, il me semble, contrairement à l'opinion de M. Dalloni, qu'il n'y a plus faille, mais discordance de dépôt.

Faille de Fanlo. Ligne de chevauchement vers le Nord de l'Eocène sur le Crétacé supérieur.

Lambeau de recouvrement de Castillo-Mayor. Un lambeau de Crétacé supérieur repose sur l'Eocène du massif de Puertolas qui l'entoure entièrement. Il est difficile de savoir d'où vient ce lambeau, les couches qui le composent existant tout autour de l'affleurement éocène ; pour M. Dalloni, il proviendrait du Nord.

Faille de Badain (à la traversée de la vallée de la Cinca). Chevauchement vers le Sud du Danien sur le Sénonien.

Faille de Campo. Au Nord de ce village est un affleurement de poudingues sannoisiens, compris entre deux failles inclinées Nord. Il y a par suite un double chevauchement vers le Sud : des poudingues sur le Sénonien et du Sénonien sur les poudingues.

Faille de Cotiella. Faille d'une certaine longueur, de Salinas de Sin à Sefra dans la vallée de l'Esera. Elle fait chevaucher vers le N.N.E. le Cénomanien sur le Danien, fréquemment avec intercalation de Trias entre ces deux terrains.

Faille du Pic Pétard. Au Sud de ce pic, du pic d'Ourdissetou à celui d'Aguas Pasas, le Dévonien se trouve en contact par faille du côté du Nord avec le Silurien inférieur. Il y a chevauchement de ce dernier vers le Sud.

Failles de Tuca del Mont. Au Nord et au Sud de cette montagne, failles avec chevauchement vers le Sud.

Faille d'Eristé (près Benasque). A l'Ouest de ce village, faille avec chevauchement au Sud, du Silurien inférieur sur le Silurien supérieur et le Dévonien.

Faille de Castanesa. Chevauchement vers le Sud du Permien sur le Dévonien.

Faille de Vilaler. Chevauchement vers le Sud du Carboniférien sur le Permien.

Faille d'Espès entre les vallées de l'Esera et de l'Isabena. Chevauchement vers le N.N.E. du Trias et du Lias sur le Crétacé inférieur.

Faille de Ballabriga (entre le rio Isabena et le Turbon). Fait chevaucher vers le Nord le Sénonien sur le Lias et le Cénomanien.

Faille de Sant Orens (vallée de la Noguera Ribagorzana). Entre le Trias et le Crétacé inférieur. Paraît à peu près verticale.

Faille de Boixols. Cette cassure qui s'étend sur quarante kilomètres, d'Abella de la Conca à Tuxent, sépare le Sénonien et le Danien au Sud, du Lias, du Crétacé inférieur et du Cénomanien au Nord.

Aussi bien dans mes anciens carnets que dans les coupes données par divers auteurs, cette faille est indiquée comme verticale ; je serais pourtant disposé à croire qu'elle est légèrement chevauchante vers le Sud.

Faille du col Le Pendis. A direction assez aberrante. Chevauchement vers S.E..

Failles de Saillagouse. Deux petites failles faisant toutes deux chevaucher le Carboniférien sur le Silurien. Celle du Nord de la ville, vers le Nord, celle du Sud vers le Sud.

Faille de Dorria. Chevauchement au Sud, du Dévonien et Carboniférien sur le Silurien. Ligne de contact anormal fortement inclinée.

Faille de Ribas. Direction à peu près Nord-Ouest–Sud-Est. Chevauchement au Sud-Ouest.

Faille de Valmanya. Fait chevaucher vers le Sud le Silurien inférieur sur le Silurien supérieur et le Dévonien.

Faille du col de la Redoute de Can Kire, au Nord-Ouest de Montbolo. Même sens de poussée, mais faible inclinaison.

Faille de la Collada de Bernadeille. Direction Nord-Nord-Est–Sud-Sud-Ouest ; chevauchement vers S.E., peu accentué ; ligne de contact peu éloignée de la verticale.

Failles de Coustouges. Le petit bassin crétacé de Coustouges (Pyr.-Or.) serait séparé du granite par deux failles obliques, celle du Nord incliné au Sud, celle du Sud incliné au Nord[1].

Dans la zone des Sierras (bordure de la plaine de l'Ebre), existent :

La *faille de Thiermas*, à la limite de la Navarre et de l'Aragon ; elle est légèrement chevauchante vers le Sud (Crétacé supérieur sur Bartonien).

La *faille de Loarre,* longue de 40 kilomètres, mettant en contact le Trias, le Crétacé supérieur ou l'Eocène au Nord avec le prétendu Miocène de la plaine de l'Ebre. Le chevauchement, vers le Sud, est encore ici peu accentué, et l'inclinaison de la ligne de contact très forte.

B. Renversements

1. *Versant septentrional*

Les renversements simples sans chevauchements ni suppressions de couches ne sont pas très fréquents, surtout dans la montagne. En voici la nomenclature :

Au Nord de Biarotte *(feuille de Bayonne),* le Crétacé supérieur et le Trias sont renversés au Nord.

Feuille de Mauléon. De la vallée du Vert de Barlanès jusqu'au Mailli-Massibé se montre un pli couché très important ; sur tout ce parcours, le Crétacé inférieur, le Jurassique et parfois même le Trias sont renversés au Nord souvent jusqu'à l'horizontale.

1. D'après les dernières publications de M. Mengel, l'accident le plus important du versant méridional entre la Seo de Urgel et Coustouges, serait un chevauchement ou une suite de chevauchements vers le Sud ; mais il y aurait aussi un chevauchement vers le Nord, à l'Est de la Sierra de Cadi.

Auprès de Navarrenx, au Sud de Lasseube et à Rébenacq *(feuille de Tarbes)*, les couches crétacées sont renversées au N.E. et au Nord.

Sur la feuille de Tarbes encore, le pic d'Alian est couché au Nord ; le flanc septentrional de l'anticlinal XXI est fréquemment renversé au Nord. Il en est de même du flanc méridional du synclinal 23 entre les vallées de l'Adour et de la Neste, des couches secondaires du cimetière de Campan, de la vallée de l'Arros entre Gourgue et Courrèges-Dessus, du pic de l'Arcizette. Tous les plis secondaires et tertiaires des *feuilles de Tarbes et Luz* sont plus ou moins couchés vers le Nord.

Dans la zone primaire de la même région, on constate encore de nombreux renversements vers le Nord : flanc septentrional du brachyanticlinal VI dans les environs de Sainte-Marie-de-Campan : flanc septentrional du synclinal 2 au Nord du pic Montaigu ; environs de Peyre-Dufau, d'Adast, du pic d'Araillé, du pic de Soulom, du Lac Bleu, de Cadéac, de Vieille-Aure.

Des renversements au Sud se voient : entre la vallée d'Ossau et Arbéost, à l'Est d'Argelès-Gazost, au Sud de Bun, au Nord de Luz, vers Guchan dans la vallée de la Neste ; toutefois ils ne deviennent nombreux et importants que sur le versant méridional.

Sur les *feuilles de Saint-Gaudens et Bagnères-de-Luchon*, le renversement au Nord est général. D'abord, dans les Petites Pyrénées, les anticlinaux XXXVIII bis et XXXV, sur la rive droite de la Garonne, sont nettement déversés dans ce sens. Sur la rive gauche, l'anticlinal XXXVI, en approchant de la vallée, se déverse à la fois au Nord et au Sud : c'est un pli en éventail bien caractérisé.

Le renversement au Nord existe encore dans le flanc méridional du synclinal 27 entre le pic Pécarre et la Garonne, de Malvézie à Izaut-de-l'Hôtel, vers Estadens, de la vallée d'Arbas à Mauvezin-de-Prat.

Un seul renversement au Sud, mais de quelques degrés seulement et d'une longueur très réduite, se remarque auprès de Barbazan.

Dans la partie primaire des mêmes feuilles, on constate aussi des renversements au Nord, au Nord de Bordères, dans la vallée d'Oueil et aux approches du Mont Vallier.

Les renversements au Sud, sur le versant septentrional, n'ont été reconnus qu'au delà de la frontière, dans le Val d'Aran, mais ils sont fréquents et sans mélange de renversements en sens inverse, comme on peut s'en assurer à l'inspection de la carte.

Feuilles de Pamiers et Foix. Le flanc septentrional de l'anticlinal XXXVIII bis continue à être renversé au Nord comme sur la feuille de Saint-Gaudens, jusqu'au méridien de Montbrun. A partir de là, les couches éocènes et crétacées supérieures se redressent, mais elles se renversent de nouveau au Nord depuis Lherm jusqu'aux approches de la vallée du Douctouyre.

Au val de Pradières (synclinal 40), le côté méridional est légèrement renversé au Nord. Il en est de même du Jurassique et du Trias entre Baulou et Durban (près Castelnau).

Non loin de là, se voit un renversement vers le Sud : c'est à Marillac (commune de Montseron), où la dolomie jurassique et le Lias moyen se couchent

dans cette direction sur l'Aptien qu'ils recouvrent. Cet accident, tout à fait local, n'est visible que sur 200 à 300 mètres.

A Sézenac, auprès de Foix, existe un autre exemple de renversement vers le Sud : le Turonien et le Cénomanien reposent sur le Sénonien.

Ce renversement affecte le flanc septentrional du synclinal 38 ; l'autre flanc du même synclinal est au contraire renversé au Nord, depuis Saint-Paul-de-Jarrat jusqu'à Bélesta (Ariège), par l'action des mêmes forces qui ont produit le chevauchement de Freychenet.

Dans le massif Primaire de Riverenert, au col de Rille, se voit aussi un renversement au Nord ; de même, au col de Port, les schistes cristallins du versant Sud sont légèrement renversés au Nord sur le Secondaire.

Sur les *feuilles de Carcassonne et Quillan*, les renversements non accompagnés de chevauchements ne sont ni nombreux ni importants ; je citerai le renversement de Vignevieille (dans le Primaire), celui du Roc Fourcade près Padern, celui du plateau de la Tour de France près d'Estagel, tous au Nord.

Dans la région primaire de la *feuille de Prades*, il a été cité seulement, au Nord de l'axe, de petits renversements au Sud dans les environs de Prunet et Belpuig.

2. *Versant méridional*

Au *Sud d'Urdos*, les assises primaires sont couchées au Sud ; les deux flancs de l'anticlinal III^a se présentent ainsi (le flanc nord étant subdivisé en plusieurs plis accessoires).

Sur la *feuille de Luz*, les renversements sont très fréquents et presque tous vers le Sud : à Pénes-Blanques, au Sud du pic du Midi d'Arrens, du pic de Cabaliros au Mont Barbat, entre l'axe A et le synclinal 2^a de Cauterets au pic de Bergons, ainsi que vers le pic de Campbieil. Le seul pli couché au Nord est celui du pic de l'Arcizette, au Sud d'Eaux-Bonnes.

Passant *en Espagne*, je signalerai entre Sallent et Gavarnie toute une série de renversements au Sud : le flanc septentrional des synclinaux 3^a, 5^a, 6^a, 7^a.

Dans la vallée d'Arazas, renversement complet, toujours au Sud.

Entre les Posets et la frontière, une série de plis dans le Primaire sont couchés au Nord, fait rare sur ce versant et d'autant plus remarquable que le chevauchement du Pic Pétard (vers le Sud) est tout proche. Un peu plus à l'Est, entre l'Esera et la frontière, le flanc méridional du synclinal 9^a est encore renversé au Nord ; entre la Maladetta et la frontière, les couches deviennent presque verticales, mais en conservant toujours une tendance à se renverser au Nord.

Au delà vers l'Est, l'allure ordinaire reprend à quelques kilomètres du pic de la Picade et le flanc méridional de l'axe A est renversé au Sud jusque vers Trédos. De même au Sud des massifs des Posets et de la Maladetta, le renversement au Sud redevient la règle et s'observe : sur le flanc méridional de l'anticlinal VIII^a à la traversée de l'Esera ; sur le flanc septentrional des synclinaux 9^{a1} et 11^a à la traversée de la Ribagorzana ; sur le flanc méridional du Gallinero (faible renversement).

En continuant à avancer vers l'Est, je citerai la région comprise entre la vallée de la Noguera Pallaresa et l'Andorre, qui est encore peu étudiée, mais semble, dans l'état actuel des observations, être couchée au Sud ; de même des renversements au Sud sont indiqués de l'Hospitalet à Maranges.

Sur la *feuille de Prades*, le sens des renversements est variable.

Sur le flanc septentrional du Canigou, un pli synclinal (14 a) ayant son axe formé par du Dévonien, est nettement couché au Nord ; au Sud du col de Sizern, le flanc méridional du synclinal 9^{a1} est aussi couché au Nord, quoique bien plus faiblement. Il en est de même du synclinal 9^{a1} à la traversée de la Serre de Montner un peu au N.E. de Saint-Laurent-de-Cerdans, et du synclinal 21^{a} au Nord de Lamanère. Tous ces synclinaux présentent dans leur axe des calcaires dévoniens ; aussi je rappelle ce que j'ai dit plus haut à propos de l'existence même de ces plis (voir p. 48). Si au lieu d'adopter l'opinion de M. Mengel, comme je l'ai fait, on suivait celle de M. Depéret, les synclinaux deviendraient des anticlinaux, mais le sens du déversement n'en serait généralement pas modifié.

Enfin, un autre pli couché au Nord est le synclinal 31^{a} au Sud de Baget : le Crétacé supérieur recouvre l'Eocène vers le Nord.

Sont au contraire renversés au Sud dans la même région : le flanc septentrional du synclinal 9^{a2} entre Set-Casas et Villalonga ; le flanc septentrional du synclinal 21 a au voisinage de Mollo ; la région comprise entre le pic de Bassagoda et la frontière.

Dans la zone surélevée au bord de la plaine de l'Ebre (zone des Sierras), les renversements sont encore dans le même sens : dans la Sierra de Guara, l'anticlinal XX^{a} est couché au Sud ; auprès de Mipanas, ainsi qu'à El Grado, tous deux dans la vallée de la Cinca, les couches secondaires et tertiaires sont renversées au Sud.

Ces plis couchés simples font d'ailleurs suite au chevauchement de Loarre.

L'anticlinal XXVI^{a} est encore couché au Sud dans la région d'Estopiñan et le XXV^{a} à la traversée des vallées de la Noguera Ribagorzana et de la Noguera Pallaresa (sierra de Montsech).

Résumé. — L'examen des chevauchements et renversements auquel je viens de me livrer [1] montre que la majorité d'entre eux sont vers le Nord sur le versant septentrional de la chaîne, vers le Sud sur le versant méridional, c'est-à-dire que les Pyrénées dans leur ensemble présentent une structure en éventail. On remarque pourtant de nombreuses exceptions à cette règle générale, aussi bien sur un versant que sur l'autre ; je citerai, en France, les chevauchements de Sarrance, de Bielle, de Cagire, du Pech de Foix, etc..

Il faut bien préciser d'ailleurs, pour éviter toute confusion, ce que j'entends par le *sens* des chevauchements : je dis qu'un chevauchement est vers le Sud, lorsque le plan de contact anormal entre la masse chevauchante et les couches du substratum est incliné au Nord ; mais cette manière de s'exprimer n'implique nullement qu'il y ait eu réellement *translation* vers le Sud de la masse supérieure.

1. Leur étude détaillée se trouve dans les six volumes de *La Géologie des Pyrénées françaises*.

ni que la force tangentielle qui a produit l'accident ait eu son origine au Nord. C'est ainsi que lorsque, sur une même ligne méridienne, les chevauchements sont alternativement au Nord et au Sud, il ne ressort nullement de cette disposition qu'ils ont été occasionnés par une série de mouvements successifs venant les uns du Nord, les autres du Sud. La même poussée peut occasionner des chevauchements dans les deux sens.

Des faits exposés dans ce chapitre, découle aussi cette conclusion que les *charriages* proprement dits sont rares dans les Pyrénées, tandis que les *chevauchements* sont au contraire très nombreux. Ces derniers n'ont occasionné que des déplacements horizontaux peu étendus, et les lignes de faille qui les délimitent ont une très forte inclinaison [1].

VII. Age des mouvements orogéniques

Les grands chevauchements que j'ai décrits ci-dessus sont tous au moins post-secondaires ; je les crois même plus récents et je les considère comme s'étant tous produits à peu près simultanément vers la fin de l'Eocène. Ceci est démontré pour plusieurs d'entre eux qui ont intéressé les couches du Tertiaire inférieur (chevauchement de Camarade, chevauchement de Bélesta-Quillan, etc.) ; il me paraît infiniment probable qu'il n'y a pas lieu de donner un âge plus ancien à ceux qui n'ont pas atteint le Tertiaire, par suite uniquement des circonstances de gisement de ce terrain.

Les plis qui ont affecté le Secondaire ou le Tertiaire (teintés en bleu sur la planche I) datent de la même époque que les chevauchements, ou d'une époque légèrement antérieure ; ils sont tous éocènes.

Pour ceux qui se trouvent cantonnés dans les assises primaires (teintés en rose sur la planche I), la question est plus délicate. Je crois pourtant qu'ils sont aussi presque tous post-secondaires et il est possible de le démontrer pour quelques-uns.

Ainsi sur la feuille de Mauléon, le grand pli que je considère comme l'axe de la chaîne et qui a fait venir au jour la bande primaire d'Esterençuby à Laruns (pli A de la planche I), — ce pli a redressé les couches jurassiques et crétacées qui s'appuient sur le Primaire. Sur la même feuille, l'anticlinal I qui a permis l'apparition du Primaire d'Hosta, se poursuit à l'Est et à l'Ouest de l'affleurement primaire dans les couches secondaires.

De même encore, dans les Corbières, les principaux plis reconnus dans les assises primaires se poursuivent dans les couches crétacées supérieures et éocènes avec la même direction et la même intensité (exemples : synclinal d'Arques, anticlinal de la Source salée).

Il est évidemment impossible de faire une démonstration analogue pour les

1 Il m'a été reproché de figurer sur mes coupes des inclinaisons aussi fortes des lignes de faille : elles sont pourtant bien réelles et presque toutes mesurées sur le terrain. La quasi-verticalité de tous les contacts, normaux ou anormaux, dans les Pyrénées, est extrêmement frappante. Je ferai remarquer que M. Dalloni, dans son étude sur les Pyrénées de l'Aragon, a figuré, lui aussi, les contacts anormaux avec une forte inclinaison.

plis de la zone primaire centrale de la Haute-Garonne, de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales, puisqu'il n'existe dans cette région aucun dépôt secondaire ou tertiaire ; on en est réduit aux hypothèses : celle qui me paraît la plus vraisemblable est que ces plis sont aussi post-secondaires. En tous cas il n'y a pas deux directions différentes, l'une pour les plis primaires, l'autre pour les plis et dislocations datant de l'Eocène : tous ont une direction *générale* uniforme et parallèle à la direction de la chaîne elle-même [1].

Je crois donc qu'il y a eu incontestablement des *mouvements d'ensemble* importants à divers moments de l'ère primaire, notamment avant le Permien qui, dans la région d'Urdos et de Gavarnie, est nettement transgressif, mais que les plissements accentués se sont produits seulement à une époque beaucoup plus tardive, à la fin de l'Eocène probablement, comme les chevauchements et les renversements.

VIII. Transgressions et discordances

Transgression permienne. — La première transgression bien caractérisée s'est produite au début de l'époque permienne ; elle a été particulièrement accentuée dans la partie occidentale de la chaîne (feuilles de Saint-Jean-Pied-de-Port et de Mauléon) où le Permien repose indifféremment et en discordance sur les divers étages du Primaire. La transgression est moins importante dans la moitié orientale de la région.

Transgression aptienne. — Malgré l'énorme lacune qui sépare les dernières assises jurassiques des premières couches crétacées (lacune correspondant au moins à tous les étages compris entre l'Oxfordien et l'Aptien), il n'y a, la plupart du temps, ni transgression ni discordance à la base du Crétacé pyrénéen. C'est seulement à l'Ouest (partie occidentale de la feuille de Mauléon, feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port) que l'on peut constater une légère discordance entre le Jurassique et le Crétacé, ce dernier reposant parfois sur des terrains plus anciens que le Jurassique (environs d'Iholdy notamment).

Transgression cénomanienne. — Celle-ci est la plus importante de toutes et se montre sur toute l'étendue de la région étudiée, bien qu'étant, comme toutes les autres, infiniment plus accentuée dans la partie occidentale.

Sur les feuilles de Bayonne, Saint-Jean-Pied-de-Port, Mauléon et Urdos, le Cénomanien, extrêmement développé, repose indifféremment sur tous les terrains antérieurs : on en trouve notamment des lambeaux sur le Primaire de la zone centrale. Dans la plaine, le Cénomanien laisse percer des affleurements nombreux de terrains très variés qu'il a recouverts directement : gneiss, Trias, ophite, Lias.

Sur la feuille de Pamiers, dans toute la région de Camarade et Salies-du-Salat, le Cénomanien recouvre directement le Primaire (Dévonien et Carbonifère)

1. Il est certain qu'il existe *localement* des déviations parfois importantes dans la direction des plis, mais ces déviations se montrent aussi bien dans ceux qui ont affecté le Tertiaire que dans ceux qui sont localisés dans le Primaire, et n'ont aucune importance générale.

ainsi que le Trias ; sur celle de Foix, il repose en discordance sur le Gault et enfin sur celle de Quillan, il s'est avancé sur le Primaire des Corbières plus loin que le Trias, le Jurassique et le Crétacé inférieur.

Transgression du Crétacé supérieur, postérieure au Cénomanien. — Le mouvement d'affaissement s'est continué pendant toute la durée du Crétacé supérieur dans les Corbières et sur le versant méridional des Pyrénées ; il a permis aux dépôts du Turonien et du Sénonien de s'étendre plus loin que ceux du Cénomanien. L'inspection de la carte géologique (feuille de Quillan), le fait voir de suite pour la région des Corbières où la mer crétacée supérieure s'est avancée vers le Nord jusqu'à la fin du Sénonien, dernier étage marin dans la région.

Dans la zone frontière (feuilles de Luz, Urdos et Mauléon) le Turonien ou le Sénonien repose directement et en discordance sur le Primaire dans toute la bande qui va, en partie sur le territoire espagnol, des environs de Gavarnie à Estérençuby.

Contrairement à ce que nous avons vu pour les transgressions précédentes, celle-ci ne s'est pas fait sentir dans la région nord-occidentale où le Turonien et le Sénonien se sont étendus moins loin que le Cénomanien ; il y a eu de ce côté régression pendant la deuxième partie du Crétacé supérieur.

Transgression lutétienne. — Celle-ci ne s'est fait sentir que dans la région située à l'Ouest de la feuille de Tarbes ; elle est d'ailleurs de peu d'importance. Le Lutétien en effet repose toujours, sauf à la côte de Biarritz, sur différentes assises du Crétacé supérieur ; il a débordé de peu, vers le Sud-Est, la zone occupée par la mer danienne.

Transgression bartonienne. — La transgression bartonienne se présente dans la même région et de la même manière que la transgression lutétienne.

IX. Étendue des mers

Pendant les époques SILURIENNE, DÉVONIENNE et DINANTIENNE, la mer couvrait toute la région pyrénéenne, mais à l'époque HOUILLÈRE, un exhaussement en masse s'est produit et la mer s'est complètement retirée : on trouve en effet sur toute la longueur de la chaîne des dépôts westphaliens ou stéphaniens avec débris de plantes terrestres accompagnés ou non de houille (La Rhune, Ibantelly, la Bidouze, Fréchet-Aure, Ségure et Durban).

Que s'est-il passé pendant l'époque PERMIENNE ? Si l'on accepte comme appartenant à cet âge les couches marines de Saint-Girons et de la vallée d'Aure, il faut nécessairement admettre un affaissement considérable au début du Permien, car non seulement la mer serait venue jusqu'à Saint-Girons, c'est-à-dire jusqu'au milieu de la longueur de la chaîne, mais encore elle y aurait eu une grande profondeur, car les schistes fins de Saint-Girons, sans aucun mélange de cailloux ni de sable, présentent tous les caractères de dépôts de haute mer.

Il est à remarquer que cet affaissement considérable aurait été promptement

suivi d'un relèvement non moins important, car les couches qui recouvrent les schistes de Saint-Girons et qui sont permiennes pour tous les géologues, sont composées de grès, de conglomérats, d'argiles rouges, dépôts de rivage ou lagunaires. Il me paraît très probable que les schistes de Saint-Girons sont dinantiens et non permiens, mais s'il en était autrement, il faudrait remanier toutes les cartes géologiques existantes et transporter dans le Permien une grande partie des schistes marqués comme carbonifères. La mer permienne n'a pas pu déposer les sédiments vaseux que l'on veut lui attribuer sans en laisser aussi en d'autres points.

J'ajouterai que dans les localités où le Houiller a été reconnu, comme à la Rhune et à Hosta, il est surmonté par les grès et poudingues permiens, sans intercalations de schistes pouvant représenter ceux de Saint-Girons.

Les sédiments TRIASIQUES sont presque exclusivement lagunaires ; c'est seulement dans les environs d'Ascain et de Sare que quelques fossiles marins ont été recueillis [1].

Pendant le LIAS (pl. II), la mer occupait une bande allant de la Méditerranée à l'Océan : cette bande devait être très étroite. En effet, on ne trouve aucun dépôt de cet âge entre le Primaire ou le Trias et le Crétacé supérieur, d'une part dans la zone montagneuse des feuilles de Mauléon, Urdos, Luz et Tarbes ainsi qu'à Amélie-les-Bains, d'autre part dans les Petites Pyrénées, sur la feuille de Pamiers, dans les Corbières et à la montagne d'Alaric. C'est donc seulement entre ces deux lignes d'anciens rivages que la mer liasique occupait un chenal étroit.

Sur le versant espagnol, les affleurements liasiques sont rares, bien que les découvertes faites récemment par M. Dalloni et par moi-même aient indiqué quelques gisements nouveaux. Je pense néanmoins qu'il existait un bras de mer continu depuis Figueras jusqu'à la Navarre ; il était resserré au départ de la Méditerranée, — le massif du Mont-Seny qui ne présente aucun dépôt liasique étant vraisemblablement resté émergé à cette époque — mais s'étendait ensuite au Sud par l'emplacement de la plaine actuelle de l'Ebre pour rejoindre les nombreux dépôts jurassiques connus de Soria à l'embouchure de l'Ebre.

Il n'existait à cette époque aucune communication directe entre les deux détroits français et espagnol, comme le montre l'absence de tout dépôt liasique dans la haute chaîne entre le Primaire et le Crétacé supérieur.

Le BAJOCIEN et le BATHONIEN ont laissé dans la plus grande partie de la chaîne, des dépôts de dolomie dont l'origine ne paraît pas être franchement marine : c'est seulement à l'Ouest du méridien de Tardets que les assises de ces étages sont à l'état de calcaires et de marnes et renferment des fossiles marins. Sur le versant espagnol, on ne connaît que deux ou trois gisements marins, pouvant peut-être se rapporter au Bajocien. En tous cas, comme à l'époque du Lias, la mer ne passait pas par-dessus la chaîne pendant le Jurassique moyen.

La mer OXFORDIENNE (pl. II) occupait un emplacement peu différent de celui du Bathonien marin ; elle remplissait un golfe allant de l'Océan à la vallée du Saison. Tout le reste de la région, tant française qu'espagnole, était exondé.

1. Je ne parle ici que de la partie française des Pyrénées.

Après le dépôt de l'Oxfordien, tout le pays est resté en dehors des eaux marines jusqu'à l'Aptien ; ce fait est démontré non seulement par l'absence absolue de tout dépôt marin du Jurassique supérieur, mais encore par la découverte d'un gisement *lacustre* du Kimmeridgien dans la Sierra de Montsech (province de Lerida).

A l'époque APTIENNE (pl. III), la mer a repris possession, sur le versant français, d'un domaine presque identique à celui qu'elle recouvrait à l'époque du Lias : toutefois, elle s'étendait un peu plus loin vers le Nord dans les environs d'Orthez.

Sur le versant espagnol, il me paraît probable que l'étendue occupée par la mer était moindre que pendant le dépôt du Lias : on ne connaît en effet aucun dépôt aptien entre Figueras et Fornols d'une part, entre Chia et le Sud de Roncevaux de l'autre. J'estime en conséquence qu'un golfe pénétrait de la Méditerranée jusqu'à Figueras seulement, que les sédiments de la province de Lerida et de l'Est de l'Aragon ont été déposés dans un bras de mer venant du Sud où les couches aptiennes sont très développées (embouchure de l'Ebre, province de Teruel), enfin que les affleurements de la Navarre marquent l'emplacement d'un autre bras de mer qui communiquait avec l'Océan par le Guipuzcoa et avec la province de Soria.

La partie élevée de la chaîne est restée exondée durant cette période.

Pendant l'ALBIEN, il ne s'est pas produit de modifications importantes dans la distribution des terres et des mers.

Par contre, au début du CÉNOMANIEN (pl. IV), les eaux marines ont envahi des pays qui n'avaient pas été recouverts par elles depuis la fin des temps primaires. Je citerai particulièrement : la partie haute de la feuille de Mauléon où le calcaire à Caprines couronne par places le Primaire, la région de Camarade sur la feuille de Pamiers, les Corbières. Néanmoins, la mer n'occupait encore qu'un couloir étroit dans les parties médiane et orientale du versant français : elle n'atteignait ni les hautes Corbières, ni l'Alaric, ni le revers méridional du Massif central, mais elle gagnait beaucoup du côté de l'Ouest (gisements de Roquefort, Saint-Sever).

J'appellerai l'attention sur les deux golfes de Massat et d'Arbas-Fougaron dont la forme paraît étrange, mais je ferai remarquer qu'aucun fossile marin n'a été recueilli dans les couches, d'un faciès très particulier, qui les remplissent en partie, et qui se sont vraisemblablement déposées soit dans une rivière, soit dans un fjord très peu salé où les animaux marins ne pouvaient pas vivre.

Sur le versant espagnol, les affleurements cénomaniens sont rares ; on n'en connaît pas dans la région de Figueras dont le golfe avait cessé d'exister. A la limite de l'Aragon et de la Catalogne, le Cénomanien existe dans des points avoisinant les affleurements du Crétacé inférieur ; j'estime que la mer qui l'a déposé venait du Sud comme celle de l'Aptien et n'avait aucune communication directe soit avec la Méditerranée du côté de Figueras, soit avec l'Océan. La chaîne des Pyrénées était exondée entièrement sauf dans sa partie occidentale à partir du méridien d'Oloron : on trouve en effet de ce côté des lambeaux de calcaires cénomaniens reposant sur le Primaire de l'anticlinal A.

Laissant de côté le TURONIEN peu épais et souvent mal caractérisé, j'arrive au SÉNONIEN (pl. V).

Sur le versant français, le rivage méridional de la mer sénonienne était reporté un peu plus au Nord que celui de la mer cénomanienne, en même temps que les eaux marines continuaient à gagner vers le Nord dans les Corbières. A l'Ouest, son étendue était beaucoup moindre que celle de la mer cénomanienne aussi bien vers le Sud que vers le Nord, où le Cénomanien de Roquefort est directement recouvert par le Danien sans intercalation de Sénonien.

Sur le versant espagnol, la situation est tout autre : les dépôts sénoniens marins existent sur toute sa longueur indiquant l'existence d'un bras de mer, assez resserré depuis la Méditerranée actuelle jusqu'à Ripoll, entre le massif primaire des Pyrénées-Orientales et celui du Mont-Seny qui était toujours exondé. A partir de Ripoll, le bras de mer s'élargit beaucoup, vers le Sud par où il rejoignait au delà de la plaine de l'Ebre les dépôts crétacés supérieurs de Cuenca et de Teruel, et vers le Nord où il passait la frontière pour atteindre Argelès de Bigorre et Laruns. Néanmoins je ne crois pas qu'il y a eu, même à cette époque, communication directe entre les deux bras de mer.

Le lambeau d'Amélie-les-Bains se rattache certainement à la mer espagnole, mais on peut se demander s'il appartient à un golfe spécial pénétrant par la vallée du Tech, ou si les eaux de ce golfe étaient en communication directe avec le bras de mer d'Olot-Ripoll par la haute vallée du Tech.

Dès la fin du Sénonien, un régime littoral s'établissait dans les Corbières pour céder bientôt la place à un régime lacustre; aussi le rivage oriental de la mer du versant français reculant peu à peu vers l'Ouest, se trouvait à l'époque DANIENNE vers Sainte-Croix-de-Volvestre ; le rivage méridional restait sensiblement le même que celui du Sénonien, tandis que du côté opposé, la mer danienne s'étendait plus loin que celle qui l'avait précédée (gisements de Castera-Verduzan et Roquefort des Landes).

Sur le versant espagnol, on constate une régression notable : dans toute la partie orientale, aussi bien dans la région de Coustouges que sur les contreforts du Mont-Seny, le Danien est exclusivement lacustre. C'est seulement dans les environs de Berga que des couches marines s'intercalent à la base de l'ensemble qu'elles composent exclusivement à partir de la vallée de l'Esera, sauf dans la zone des Sierras. Au Nord, la mer s'est retirée de tout le pays situé entre Aragnouet, Panticosa, Laruns et Argelès ; au Sud, elle ne dépasse pas la Sierra de Montsech. Il s'est donc produit, sur le versant méridional comme sur le versant septentrional, avant l'époque danienne, une régression importante vers l'Ouest ; elle a été toutefois un peu moins rapide en Espagne qu'en France, au moins pour la partie inférieure de l'étage.

J'ai marqué en rose pâle sur la carte (pl. V) les affleurements de Danien lacustre ; leur existence précise l'extension réelle de la mer danienne, sans qu'il soit possible d'attribuer à l'érosion l'absence du Danien marin, comme on pourrait être tenté de le faire pour d'autres étages.

Les premiers niveaux de l'ÉOCÈNE manquent à l'Ouest ; sur le versant français

on ne les trouve qu'à partir de Saint-Sever dans la direction du Nord : ils sont mal caractérisés dans les Corbières. Mais à l'époque LUTÉTIENNE, la mer a occupé à nouveau un détroit dirigé approximativement Ouest-Est et situé un peu plus au Nord que celui où se trouvait la mer sénonienne : le déplacement est surtout sensible à l'Est où la mer éocène n'a pas pénétré au Sud des Corbières, tandis qu'elle a rempli toute la plaine de Carcassonne et atteint les premiers contreforts de la Montagne Noire. Il est vraisemblable, en outre, à cause de la différence de faune que j'ai signalée plus haut, que la communication entre la Méditerranée et l'Atlantique n'existait pas à l'époque lutétienne ; le plateau de Lannemezan a dù rester exondé. Dans les Landes, la mer éocène s'étendait fort loin vers le Nord, dépassant les limites des planches ci-jointes (pl. VI).

Sur le versant espagnol, le rivage septentrional de la mer lutétienne est en retrait marqué sur celui de la mer sénonienne et même de la mer danienne dans la moitié occidentale. Quant au rivage méridional, il descend notablement plus au Sud en Catalogne : jusqu'à Gerona, au delà de Vich, etc., mais il remonte bientôt pour passer au Nord de Lerida, vers Huesca, entre Sos et Tudela ; le Lutétien n'a pas, en effet, été reconnu au Sud de l'Ebre.

La mer lutétienne occupait donc un détroit allant de la Méditerranée, au moins jusqu'à Vitoria ; de là, il semble assez vraisemblable qu'il rejoignait les dépôts de San-Vicente-de-la-Barquera, bien qu'on n'ait pas jusqu'à présent trouvé de témoins lutétiens entre Villarcayo et San-Vicente.

A partir du LUTÉTIEN SUPÉRIEUR, la mer abandonne toute la partie orientale et centrale du versant français et se retire à l'Ouest jusqu'à Orthez, suivant une marche analogue à celle déjà reconnue à la fin du Jurassique et à la fin du Crétacé. Il n'y a guère eu de changement pendant le BARTONIEN, mais à la fin de cet étage, le recul de la mer s'accentue et le LUDIEN-SANNOISIEN voit son rivage rejeté au Nord-Ouest d'une ligne qui passe approximativement par Biarritz, Pouillon, Mugron et Roquefort-des-Landes (pl. VI).

Sur le versant espagnol, le mouvement de surrection a été un peu plus tardif et le Bartonien a continué à se déposer à peu près sur le même emplacement que le Lutétien ; par contre, à partir du Ludien-Sannoisien, il a été plus complet qu'en France, puisque cet étage est exclusivement lacustre dans le pays étudié ici. Le seul dépôt marin connu de cette époque se trouve bien à l'Ouest, à San-Vicente-de-la-Barquera.

Pendant le MIOCÈNE, la mer atlantique a continué à reculer au Nord-Ouest, le seul dépôt qu'elle a laissé sur la feuille de Bayonne étant celui de Saubrigues, d'âge tortonien. Il n'y a pas, sur ce rivage, de couches pliocènes marines.

Du côté de la Méditerranée, le pays, exondé depuis le Lutétien, a été recouvert par les mers BURDIGALIENNE et HELVÉTIENNE aux environs de Narbonne seulement.

Enfin, les eaux marines du PLIOCÈNE ont envahi la dépression de Perpignan en France et celle de Figueras en Espagne.

CHAPITRE IV. — HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE LA CHAINE

Depuis l'origine des temps géologiques jusqu'au Dinantien inclus, les eaux marines couvraient toute la région, et s'il y a eu pendant cette période des mouvements du sol, aucun indice ne permet de les reconnaître. A la fin du Dinantien, un premier exhaussement en masse s'est produit à la suite duquel la mer s'est complètement retirée : il n'est plus alors resté qu'une série de lagunes dans lesquelles se sont accumulés des restes de plantes terrestres et, par places, de la houille.

Avant le dépôt du Permien, il s'est produit des mouvements du sol qui, sans avoir une très grande importance, ont été suffisants pour qu'une discordance indiscutable, surtout dans la partie occidentale, se montre entre le Houiller et le Permien.

Deux lignes de crêtes étaient ébauchées dès cette époque : l'une allant des Corbières à Salies-du-Salat, l'autre suivant à peu près la crête actuelle des Pyrénées sauf à l'Ouest où elle devait être située plus au Sud. La première n'a pas été recouverte par les eaux permiennes ; la seconde l'a été en grande partie, sinon en totalité, mais la profondeur était faible et les dépôts du Permien sont des conglomérats, des grès à plantes terrestres ou des schistes argileux sans fossiles, c'est-à-dire des dépôts lagunaires ou littoraux. Il existait à cette époque un géosynclinal à l'emplacement de la haute chaîne.

L'exhaussement continuant à s'accentuer, la mer triasique empiétait fort peu sur le rivage actuel, soit du côté de l'Atlantique, soit du côté de la Méditerranée (fossiles marins auprès d'Ascain et de Saint-Jean-Pied-de-Port d'une part, d'Amélie-les-Bains de l'autre). Partout ailleurs en France, il n'y avait que des lagunes où la concentration des eaux amenait la précipitation du gypse et du sel ; la partie médiane des Pyrénées et la partie centrale des Corbières étaient exondées ; en Espagne, quelques assises marines ont été reconnues jusque dans l'Aragon.

Au début du Jurassique un affaissement s'est produit et des dépôts marins se sont effectués depuis l'Infralias jusqu'au Toarcien dans deux détroits qui faisaient communiquer les deux mers ; celui du Nord, fort resserré dans la partie médiane s'élargissait à ses deux extrémités : les Corbières centrales restaient émergées ainsi que la plus grande partie de la crête des Pyrénées. La communication entre les deux versants ne se faisait que par l'emplacement des mers actuelles.

Un exhaussement commençant à la fin du Lias a repoussé la mer sur le versant français, à l'Est sur l'emplacement de la Méditerranée actuelle, à l'Ouest jusqu'au méridien de Tardets pendant le Bajocien et le Bathonien, jusqu'à celui d'Aussurucq à l'époque oxfordienne. En Espagne, il semble que la mer bajocienne ait persisté sur quelques points occupés antérieurement par les eaux du Lias, mais il n'existe ni Bathonien marin, ni Oxfordien.

Le mouvement continuant dans le même sens, l'émersion a été complète pendant tout le reste du Jurassique et pendant le début du Crétacé : les seules assises pouvant être rapportées au Jurassique supérieur dans l'ensemble de la

région étant des couches de Kimmeridgien *lacustre* de la sierra de Montsech dans la province de Lerida.

Mais avant l'Aptien (Gargasien), un affaissement s'est produit et la mer aptienne a occupé à nouveau, sur le versant français, à peu près exactement l'emplacement que les eaux marines couvraient pendant le Lias. Peut-être s'étendait-elle un peu plus vers le Nord dans la partie occidentale, mais elle n'avait toujours aucune communication directe avec l'Espagne et continuait à contourner les Corbières par le Sud.

Sur le versant méridional, le mouvement d'affaissement anté-aptien a été moins accentué qu'en France, et au lieu d'occuper une bande continue comme à l'époque liasique, la mer aptienne pénétrait seulement dans plusieurs golfes séparés les uns des autres.

Jusqu'à la fin de l'Albien, aucune modification n'a eu lieu.

Le fait que malgré la lacune énorme qui a précédé son dépôt, l'Aptien occupe à peu près le même emplacement que le Jurassique et le recouvre partout en concordance, sauf à l'extrémité occidentale de la région française ; ce fait montre que tous les mouvements qui se sont produits entre le Permien et le Cénomanien, ont été des mouvements d'ensemble élevant ou abaissant toute la région, sans modifier les rapports de ses différentes parties.

Entre l'Albien et le Cénomanien, au contraire, les mouvements ont été importants et complexes. Sur le versant français, les dépôts marin du Cénomanien sont très développés à l'Ouest où ils recouvrent même la partie axiale de la chaîne, tandis qu'au milieu de celle-ci et à l'Est, ils sont rejetés vers le Nord, perdant du terrain vers les Pyrénées proprement dites, pour en gagner du côté de Camarade et des Corbières. Il y a donc eu exhaussement de la partie axiale orientale et affaissement de la région occidentale tout entière, du massif primaire de Camarade et des Corbières.

C'est à cette même époque que les massifs primaires de Milhas, des Trois-Seigneurs et du Saint-Barthélemy ont achevé de s'individualiser par la formation d'anticlinaux.

En Espagne, l'exhaussement a persisté vers l'Est où le Cénomanien n'a laissé aucune trace ; au centre, le Cénomanien se montre entre les vallées du Segre et de la Cinca, à peu près au même emplacement où j'ai marqué des dépôts aptiens, montrant ainsi la persistance du golfe s'ouvrant vers le Sud. Quant à l'affaissement de la région occidentale, il ne s'est pas fait sentir en Espagne où l'emplacement occupé par la mer cénomanienne ne dépasse pas celui de l'Aptien et de l'Albien.

L'affaissement de la partie occidentale française n'a du reste pas été de longue durée et à l'époque sénonienne, on constate l'émersion de toute la région comprise entre Arudy et l'Océan : les mers françaises et espagnoles sont de nouveau séparées et ne communiquent plus entre elles que par l'emplacement des mers actuelles.

Le détroit dans lequel s'est déposé le Sénonien sur le versant français était situé au Nord de celui du Cénomanien depuis l'Atlantique jusqu'à Foix ; au delà vers l'Est, l'emplacement des deux mers était à peu près le même.

Sur le versant méridional, au contraire, l'affaissement a été considérable dans les parties orientale et centrale, et dans cette dernière, la mer, franchissant la frontière vers le Nord, a recouvert la haute chaîne actuelle sans toutefois se relier au détroit septentrional.

Au Nord de la chaîne, l'exhaussement qui avait déjà commencé à se faire sentir pendant la seconde moitié du Sénonien a continué et a repoussé la mer danienne à l'Ouest de la Garonne ; la limite méridionale de son emplacement ne différait pas beaucoup de celle de la mer sénonienne dans cette partie, mais les eaux s'étendaient plus loin vers le Nord et couvraient la majeure partie des Landes.

Il est à remarquer que le massif primaire de l'Alaric qui était resté exondé depuis le Carboniférien a commencé à s'abaisser par rapport aux Corbières à l'époque danienne, car s'il n'a pas été encore atteint par les eaux marines, il a reçu des dépôts lacustres du Danien.

Sur le versant méridional, l'exhaussement avant le Danien s'est fait surtout sentir à l'Est et dans la zone avoisinant la plaine ; au contraire, dans la haute chaîne médiane et occidentale actuelle, le recul a été fort peu sensible.

Pendant l'Eocène inférieur, l'émersion a été complète dans toute la partie occidentale française et sur tout le versant espagnol ; de Saint-Gaudens aux Corbières, se déposaient des couches alternativement marines et lacustres, se prolongeant vers la Montagne Noire. A cette époque les eaux — tant lacustres que marines — ont cessé de contourner par le Sud le massif primaire des Corbières pour pénétrer au cœur même de ces montagnes et surtout dans la région située au Nord ; c'est la preuve de la continuation du mouvement de bascule ébauché à l'époque danienne, mouvement qui a relevé la région de Sougraigne et abaissé celle de l'Alaric où la mer lutétienne s'est largement étendue.

Au début du Lutétien, s'est produit en outre un affaissement général qui a ramené la mer lutétienne au pied Nord des Pyrénées, sauf à l'Est de l'Aude et au plateau de Lannemezan. Le rivage méridional de la mer du versant français à cette époque différait peu de celui de la mer danienne à l'Ouest, de celui du lac de la même époque à l'Est, mais les golfes atlantique et méditerranéen ne communiquaient plus : ils étaient séparés par l'isthme du Lannemezan qui reliait les Pyrénées au reste de la France. L'existence de cette séparation me paraît nécessitée par la différence si complète de la faune lutétienne des régions orientale et occidentale (voir ci-dessus p. 26), mais c'est une hypothèse qui ne peut être vérifiée directement par suite de l'existence d'un épais manteau miocène entre Saint-Gaudens et Tournay. Sur le versant méridional, l'affaissement a été très sensible à l'Est : on trouve des assises lutétiennes dans la région comprise entre Gerona, Figueras et Vich, où le Danien n'avait laissé que des dépôts lacustres, mais le Lutétien n'a pas atteint Amélie-les-Bains, ce qui confirme le mouvement de surélévation de la zone des hautes montagnes des Pyrénées-Orientales et de l'Aude.

Sur toute la longueur du versant méridional des Pyrénées, d'ailleurs, le rivage de la mer lutétienne était plus éloigné vers le Sud que celui des mers danienne et sénonienne : la haute chaîne continuait à se soulever lentement. Par contre l'affaissement gagnait vers le Sud dans la direction de la plaine de l'Ebre.

Dès la fin du Lutétien moyen, un nouvel exhaussement s'est fait sentir chassant définitivement la mer de toute la partie orientale française depuis la Méditerranée jusqu'au delà de Pau; lors du Lutétien supérieur, le golfe atlantique dépassait à peine Orthez.

Les modifications du rivage ont été très faibles pendant le Bartonien; mais à la fin de cet étage, l'exhaussement a continué et le rivage du Ludien a été reporté vers le Nord-Ouest, passant approximativement par Biarritz, Pouillon et Roquefort.

En Espagne, la mer bartonienne a continué à remplir un détroit allant de l'Atlantique à la Méditerranée : son rivage septentrional était seulement reporté un peu plus au Sud. Mais à la fin du Bartonien, un exhaussement général a fait disparaître définitivement la mer de tout le versant méridional des Pyrénées, exception faite seulement de la dépression de Figueras qui a été de nouveau envahie à l'époque pliocène.

Tous les mouvements qui se sont produits depuis le Cénomanien jusqu'au Ludien ont été des exhaussements ou affaissements d'ensemble non accompagnés de plissements ou de chevauchements. C'est seulement à l'époque ludienne que des actions orogéniques intenses se sont fait sentir, occasionnant tous les plis et accidents que j'ai décrits dans les paragraphes précédents. A la suite de ces grands cataclysmes, les Pyrénées définitivement constituées n'ont plus subi que des mouvements d'ensemble de faible amplitude ; c'est à peine si les lignes de rivage ont été modifiées.

A l'Ouest, le seul dépôt marin connu postérieur au Ludien est celui de Saubrigues, rapporté au Tortonien; il est situé fort loin déjà vers le Nord, à une quarantaine de mètres d'altitude et à 20 kilomètres seulement du rivage actuel : les autres assises miocènes marines ne se montrent que beaucoup plus au Nord, en dehors de la région qui fait l'objet de cette étude, et le Pliocène n'existe nulle part. Du côté de la Méditerranée, la bande côtière qui était exondée depuis la fin du Crétacé, s'est affaissée dans les environs de Narbonne où se voient des dépôts marins de l'Helvétien maintenant soulevés jusqu'à 137 mètres d'altitude. Ce dernier exhaussement a dû se produire avant le Pliocène qui n'a laissé aucun dépôt marin dans cette région.

Les environs de Perpignan se sont comportés tout autrement que ceux de Narbonne; émergés en partie depuis la fin du Crétacé inférieur, en partie depuis le Primaire, ils ne se sont pas abaissés au-dessous du niveau de la mer pendant le Miocène qui n'y a laissé aucune trace. L'affaissement ne s'est produit dans cette région qu'au début du Pliocène, alors que précisément Narbonne recommençait à s'élever; la mer pliocène a envahi tous les environs de Perpignan, laissant des dépôts à coquilles marines dans la vallée de la Têt jusqu'au delà de Millas. Enfin, un dernier soulèvement a fait sortir des flots le golfe de Perpignan lui-même, probablement vers le milieu des temps pliocènes, et a porté les dépôts marins de cet étage à une altitude un peu supérieure à 100 mètres.

Le golfe de Figueras en Espagne s'est comporté comme celui de Perpignan dont il est l'homologue sur l'autre versant.

Telle est la conception que je me suis faite de la structure et de l'histoire des Pyrénées françaises après trente années d'études personnelles sur le terrain et la lecture de tout ce qui a été publié sur le sujet.

Malgré la vogue dont jouissent aujourd'hui les grands charriages, je n'ai pas cru devoir admettre leur existence dans les Pyrénées, ni surtout celle de plusieurs nappes superposées; contrairement aux théories actuellement reçues, j'ai déclaré que les chevauchements se produisent, tantôt vers la montagne, tantôt vers la plaine.

Ce sont là des idées qu'il n'est pas permis d'exprimer aujourd'hui sans passer pour un esprit rétrograde, pour une personne qui cherche à enrayer le progrès de la science géologique. Au risque de me voir appliquer ces épithètes, je n'hésite pas à soutenir ces idées, ce que mon indépendance me permet de faire, parce qu'elles résultent indubitablement, selon moi, de tous les faits constatés.

Dans la deuxième partie de ce travail, je donnerai d'ailleurs avec plus de détails les raisons qui ont entraîné ma conviction, en exposant les divergences entre ma manière de voir et celle de M. Léon Bertrand, défenseur de la théorie des nappes multiples pour la région pyrénéenne.

DEUXIÈME PARTIE

I. — Généralités

Dans la première partie de ce résumé, j'ai exposé sommairement la géologie des Pyrénées françaises, telle qu'elle résulte, d'après moi, de tous les faits observés jusqu'à ce jour. Comme ces résultats diffèrent profondément de ceux qui ont été formulés par M. Léon Bertrand dans diverses publications [1], je crois indispensable de faire connaître, dans cette deuxième partie, quelles sont les raisons qui m'empêchent d'adopter les vues de notre savant confrère.

Je ne me fais d'ailleurs aucune illusion sur le sort réservé à ma manière de voir auprès d'un certain nombre de géologues : les charriages sont aujourd'hui « à la mode », on doit en trouver partout sous peine de passer pour un retardataire, ignorant des *progrès* de la géologie depuis vingt-cinq ans.

Plus le nombre des nappes superposées est considérable, plus leur provenance est lointaine et incertaine, plus les preuves de leur existence sont nébuleuses, et plus celui qui décrit ces nappes est considéré comme un habile observateur : il a su voir ce qui avait échappé à ses prédécesseurs !

Et c'est le moment où la vogue des charriages est à son apogée que je choisis pour venir dire que ces accidents sont peu nombreux dans les Pyrénées et que la plupart de ceux qui ont été décrits dans ces montagnes, n'existent pas !

Mais ma conviction — basée sur les observations faites pendant trente-trois années d'études sur le terrain et sur la lecture de tout ce qui a été écrit sur la géologie pyrénéenne, — ma conviction, dis-je, est tellement profonde que je n'hésite pas à me mettre en travers du courant, quelle que soit sa violence actuelle, persuadé qu'il ne tardera pas à perdre de sa force et qu'une réaction contre l'abus des charriages se produira certainement.

Il se passera dans quelques années, à cet égard, quelque chose d'analogue à ce qui est advenu pour les théories d'Elie de Beaumont qui, après avoir été si complètement admises par la majorité des savants de l'époque que personne n'osait même les discuter, sont maintenant presque complètement abandonnées. Qui croit encore au réseau pentagonal, aux cratères de soulèvement, aux vallées de fracture, à la détermination de l'âge des couches par la direction de leurs

1. Spécialement dans : Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales. *Bulletin Serv. Carte géologique de la France et des topographies souterraines*, t. XVII, n° 118. 1908. A moins d'indication contraire, c'est toujours ce travail que je discuterai dans les pages qui vont suivre.

affleurements et à tant d'autres conceptions d'Elie de Beaumont ou de ses élèves, réputées vérités indéniables il y a une cinquantaine d'années ?

La lecture des anciens volumes de notre *Bulletin* est très instructive à cet égard : l'effondrement des *dogmes scientifiques* passés doit nous rendre quelque peu sceptiques sur le sort réservé à ceux du temps présent et nous apprendre qu'il est parfois préférable, pour rester sur le chemin de la vérité, de ne pas se laisser suggestionner par l'ambiance du moment.

Je tiens à faire remarquer, d'ailleurs, que je suis loin d'être un adversaire systématique des charriages : la liste serait longue de ceux que j'ai découverts ou admis depuis 1889, date à laquelle j'ai fait connaître le recouvrement du pic de Bugarach, le premier signalé dans les Pyrénées. Mais je demande pour les admettre que leur existence soit démontrée par des faits observables et non pas basée uniquement sur des présomptions impossibles à vérifier ou même nettement contredites par les observations sur le terrain.

C'est dans cette dernière catégorie que se rangent, d'après moi, une grande partie des nappes de M. Léon Bertrand.

II. — Théorie tectonique de M. Léon Bertrand

J'ai résumé à la fin de la première partie (ci-dessus, p. 36 à 86) ma manière de comprendre la structure des Pyrénées françaises, après l'avoir exposée en détail dans les six volumes de la *Géologie des Pyrénées françaises*. Quant à la conception de M. Léon Bertrand, je vais essayer de la rappeler en quelques mots, tout en considérant qu'il sera bien difficile à un lecteur de suivre la discussion contenue dans les pages suivantes sans avoir sous les yeux le texte et surtout les planches de son principal ouvrage.

La proposition fondamentale de notre confrère, celle qui résume tout son système, est la suivante :

« *Le bord septentrional des Pyrénées, au Nord de la zone primaire centrale, montre un régime de nappes empilées venues du Sud et, par suite, poussées vers le Nord.* »

Il ajoute plus loin que « *les massifs primaires en question* (ceux qui sont séparés de la masse primaire centrale par des affleurements secondaires) *ont été amenés à la base d'une nappe charriée, principalement formée par les terrains secondaires de leur couverture, venue du Sud et actuellement séparée de sa racine* ».

M. Léon Bertrand distingue quatre séries secondaires qu'il désigne sous les dénominations de série A, série B, série C, série Z ou prépyrénéenne ; il y ajoute les terrains sous-pyrénéens. Ces derniers comprennent le Crétacé supérieur, l'Éocène et exceptionnellement des terrains plus anciens : *ils sont en place*.

La série Z a des caractères mixtes et renferme à la fois du Crétacé supérieur et du Crétacé inférieur ; les séries A, B, C contiennent du Trias, du Jurassique et du Crétacé inférieur ; les calcaires de la série B offrent cette particularité d'être

très profondément métamorphisés, transformés en marbres et remplis de minéraux, au point qu'il est souvent fort difficile d'y faire la distinction des divers niveaux, du Lias à l'Aptien. Toutefois le métamorphisme diminue beaucoup vers l'Est de la feuille de Quillan, au point que dans les Corbières orientales « il n'est plus guère possible de trouver de différence de faciès entre les couches secondaires de même âge des deux nappes A et B », d'autant plus que dans la région de Sournia, la série A devient, au contraire, plus métamorphique.

La série C conserve, comme la série A, le faciès normal de la zone nord-pyrénéenne sans trace de métamorphisme.

Ces différentes séries se sont empilées en nappes superposées, chacune d'elles emmenant dans son mouvement vers le Nord les couches primaires ou cristallines sur lesquelles elle repose. Ces couches primaires ou cristallines charriées sont souvent extrêmement puissantes : ce ne sont pas de simples lames ayant accompagné le Secondaire.

Il s'est ainsi formé *une suite de nappes de charriage se portant du Sud au Nord* et désignées par les mêmes lettres que les séries secondaires qu'elles contiennent : Z, A, B, C ; elles se superposent dans l'ordre qui vient d'être indiqué, mais il arrive parfois qu'une des nappes manque et que A, par exemple, repose directement sur les terrains sous-pyrénéens, ou C sur A, etc..

Ces idées sont exprimées par M. Léon Bertrand d'une manière si séduisante, avec une telle logique apparente, que s'il s'était agi d'une autre chaîne de montagnes que les Pyrénées, d'une région que je n'aurais pas étudiée, j'aurais probablement accepté les conclusions de l'auteur, persuadé que des affirmations aussi précises, des coupes dessinées avec une telle assurance, sans l'indication du moindre point de doute, ne pouvaient être que la reproduction de *choses vues*, de *superpositions contrôlables*. Mais il s'agit des Pyrénées que je parcours sans relâche depuis si longtemps, et sur lesquelles j'ai recueilli des monceaux d'observations dont quelques-unes seulement sont publiées. J'ai été naturellement amené à rechercher comment mes conclusions pouvaient différer à un tel point de celles de notre savant confrère, et la comparaison de mes documents avec ses coupes m'a permis de constater que *celles-ci ne sont pas le résultat d'observations directes, que nulle part on ne peut voir les superpositions de séries ou de nappes qu'il indique et que les inclinaisons des couches, telles qu'il les figure, sont le plus souvent différentes de la réalité, soit pour le sens du plongement, soit pour son intensité.*

Mais si je suis amené à soutenir avec la plus grande énergie que les coupes et les théories de M. Léon Bertrand sont inacceptables, j'éprouve une grande difficulté à le démontrer. Sauf pour le cas rare où je puis présenter de bonnes photographies, je n'ai d'autre ressource que d'opposer mes affirmations à celles de notre confrère, sans que le contrôle puisse en être fait autrement que par des courses pénibles sur le terrain. Je crains que les géologues qui se rendront sur place pour vérifier mes coupes ne soient pas nombreux ; je tenterai néanmoins de faciliter la tâche de ces explorateurs éventuels, par les explications données dans les pages qui vont suivre et par les planches qui les accompagnent ou qui

ont été déjà publiées dans la *Géologie des Pyrénées françaises.* Quant au lecteur de ces lignes, il n'aura d'autre raison pour adopter l'un ou l'autre des systèmes proposés, que ses préférences personnelles, soit pour une théorie, soit pour celui qui la soutient.

Je ne puis songer à discuter, l'un après l'autre, tous les faits cités par M. Léon Bertrand, toutes ses observations, toutes ses théories : son principal ouvrage à lui seul contient près de deux cents pages de texte compact dont chaque ligne demanderait à être analysée, ce qui m'entraînerait à des développements inacceptables.

Je suis donc obligé de choisir quelques points spéciaux : j'examinerai d'abord quelques coupes de la feuille de Quillan, puis je passerai à celles de la feuille de Foix, et je terminerai par quelques lignes sur la « fenêtre d'Arbas » située sur la feuille de Bagnères-de-Luchon. Toutefois, avant de commencer l'étude des diverses coupes, je dois examiner deux questions essentielles, d'ordre général : la division du Secondaire pyrénéen en cinq séries distinctes et l'inclinaison dominante des assises sédimentaires dans cette région.

III. — Division du Secondaire pyrénéen en cinq séries distinctes

La division du Secondaire en cinq séries distinctes, soutenue par M. Léon Bertrand, est-elle acceptable ?

Cette question préliminaire est fort importante, car c'est principalement en s'appuyant sur la présence, dans une région occupée par une série de couches qui, par leur faciès ou leur âge, devraient se trouver seulement dans une autre série, que M. Léon Bertrand se croit en mesure d'affirmer l'existence de ses nappes.

Aussi ai-je cherché avec soin dans les travaux de notre confrère les raisons qui l'ont conduit à établir cette division : je n'ai absolument rien trouvé. M. Léon Bertrand décide d'*autorité, sans aucune espèce de preuve et même sans un essai de preuve,* que la série B par exemple se compose de couches métamorphisées et ne contient pas de Cénomanien, de sorte que, lorsqu'il trouve au milieu de cette série, des couches non métamorphiques ou du Cénomanien, il en conclut que ces couches appartiennent à une autre série et indiquent un charriage ou une fenêtre.

Je suis tout à fait d'accord avec M. Léon Bertrand pour admettre que les mers du Crétacé supérieur se sont étendues moins loin vers le Sud que celles du Crétacé inférieur (voir pl. III, IV et V) ; mais comment croire que les cassures qui se sont produites pendant l'Eocène, ont bénévolement suivi sur quatre cents kilomètres de longueur la ligne des anciens rivages pour faciliter la tâche des géologues futurs et leur permettre de distinguer à première vue les différentes nappes ? En réalité, M. Léon Bertrand s'appuie sur l'existence des séries pour établir ses nappes et sur celle des nappes pour établir ses séries.

L'intensité plus ou moins grande du métamorphisme peut-il, de son côté, servir à distinguer des séries ? Je ne le crois pas davantage. En effet, le métamorphisme

des formations secondaires inférieures dans les Pyrénées est dû, pour la plus grande part, à l'action des roches éruptives, spécialement de la lherzolite : c'est aux abords des affleurements de cette roche que la transformation des assises sédimentaires présente le plus d'intensité (entre Aulus et Vicdessos, environs de Caussou). Elle s'atténue, *dans la même bande longitudinale*, lorsqu'on s'éloigne de ces centres d'éruption, et il est impossible, sans nier l'évidence, d'attribuer à une bande unique toutes les couches métamorphiques en bannissant de cette bande les assises qui n'ont pas été transformées ou ne l'ont été que fort peu. C'est pour avoir méconnu cette vérité que M. Léon Bertrand a tracé, comme limites de ses différentes nappes, des lignes qui recoupent sous des angles divers, se rapprochant parfois de l'angle droit, les directions parfaitement visibles d'assises régulières et continues : j'en donnerai des exemples dans l'étude détaillée des diverses coupes.

Souvent, d'ailleurs, M. Léon Bertrand est obligé de placer dans une nappe des couches qui présentent le faciès attribué à une autre ; il l'avoue lui-même dans certains cas : « Dans les Corbières orientales, il n'est plus guère possible de trouver de différence de faciès entre les couches secondaires de même âge des deux nappes A et B », le métamorphisme devenant dans cette région plus fort dans la série A et moindre dans la série B (*Op. cit.*, p. 69). C'est reconnaître que la division en séries d'après l'intensité du métamorphisme n'a aucune valeur.

On se demande même comment M. Léon Bertrand a pu avoir l'idée de cette division en séries d'après le faciès, étant donnée l'explication qu'il présente du mode de formation des nappes (*Op. cit.*, p. 79 et suiv., fig. 24 et 25). Voici la reproduction simplifiée de l'une de ses figures (fig. 1) :

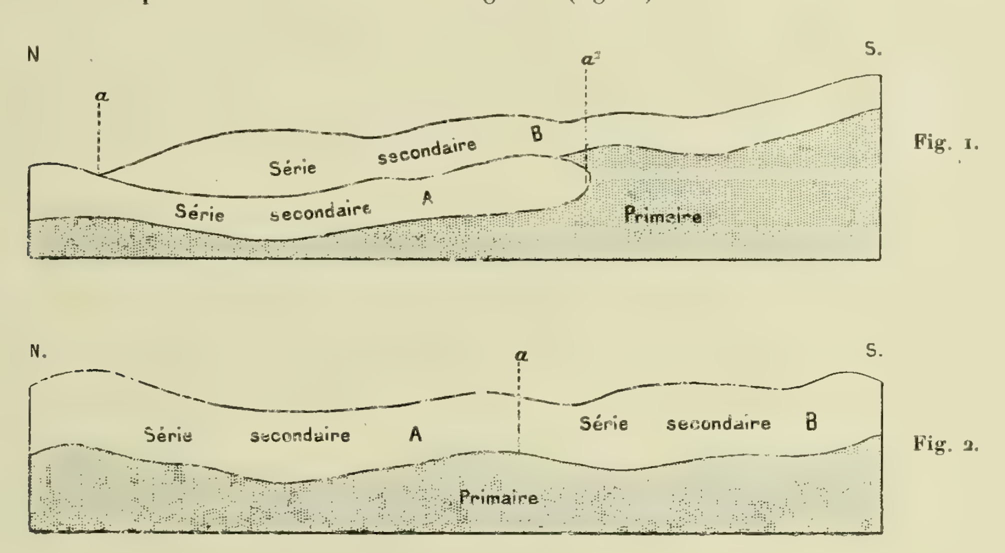


Fig. 1.

Fig. 2.

On y voit que la partie frontale de la nappe B (point *a*) était primitivement en contact au point *a'* avec l'extrémité méridionale de la nappe A, comme je le montre sur la figure 2. La ligne discontinue au-dessous du point *a* sur cette dernière figure marque l'endroit où doit se faire plus tard la séparation de A et de B, mais originairement ce qui deviendra les deux nappes A et B ne forme qu'une

seule et même masse. Il n'est pas soutenable qu'un changement de faciès ait existé autrefois dans cette masse continue, précisément au point où devait se produire plus tard une grande cassure sur toute la longueur de la chaîne : les couches du point *a* (nappe B) ne peuvent différer de celles du point *a'* (nappe A). Mais alors que devient la division en séries ? Et comme c'est par le faciès que M. Léon Bertrand reconnaît ses nappes, si les séries disparaissent, que deviennent les nappes elles-mêmes ?

IV. — Inclinaison des assises sédimentaires sur le versant nord des Pyrénées

Tous ceux qui parcourent le versant français des Pyrénées sont frappés de voir que l'horizontalité des couches sédimentaires est extrêmement rare et que la verticalité est, au contraire, la règle. Lors de mes premières courses dans le pays, cette allure m'avait étonné, mais au bout d'un certain temps, j'étais tellement habitué à voir des assises redressées, que j'en étais arrivé à noter sur mes carnets comme « peu inclinées » les couches qui se rapprochaient non pas de l'horizontale, mais de la verticale ; la verticalité est si fréquente qu'elle devenait pour moi, en quelque sorte, la position régulière des couches.

Aussi n'est-ce pas sans surprise que j'ai vu, sur les coupes de M. Léon Bertrand, les limites régulières des terrains, aussi bien que les contacts anormaux, dessinées avec une allure horizontale ou voisine de l'horizontale. Je reviendrai à plusieurs reprises sur cette question en étudiant les différentes coupes, mais je déclare dès maintenant que l'allure générale est tout à fait différente de celle qui est représentée sur les coupes des planches III et V (*Op. cit.*).

Et ceci n'est pas sans importance : si les contacts sont voisins de la verticale comme je l'affirme, toute la théorie des grands charriages et des nappes superposées tombe d'elle-même, pour faire place à celle que je préconise, des chevauchements de faible étendue dans le sens du mouvement [1].

V. — Feuille de Quillan

1. Partie orientale

Je passe maintenant à la feuille de Quillan et tout d'abord à son quart sud-est.

Dans cette partie, M. Léon Bertrand reconnaît trois nappes qu'il dénomme Z, A et B. Je suis d'accord sur l'existence du recouvrement : 1°, des terrains crétacés supérieurs par Z ; 2°, de Z par A ; c'est moi qui ai découvert et décrit ces chevau-

1. Dans la réponse qu'il a faite à ma communication (*Compte rendu somm. des Séances de la Société géologique de France,* 20 juin 1910), M. Léon Bertrand m'a adressé le reproche inverse, à propos de mes coupes « les contacts anormaux y apparaissant, à tort, tous presque verticaux ». Je maintiens que l'inclinaison des contacts ou des limites des terrains, figurée sur mes coupes, est bien la représentation de la réalité.

chements désignés dans la première partie de ce travail sous les noms de faille de Cubières et de faille de Saint-Louis.

Mais en réalité ce sont des chevauchements peu étendus, sauf pourtant le plus élevé qui peut mériter le nom de nappe de charriage en quelques points, tels que le Pic de Bugarach et surtout la montagne de Tauch. Je ferai observer, conformément aux remarques générales déjà formulées ci-dessus, que l'inclinaison des surfaces de contact anormal qui servent de base à ces deux séries de couches Z et A est beaucoup trop faible sur les dessins de M. Léon Bertrand : ces surfaces sont visibles en de nombreux points et partout, sauf au Pic de Bugarach et à la montagne de Tauch, très rapprochées de la verticale [1].

Reste la nappe B. Pour celle-là la divergence est complète, car j'en conteste catégoriquement l'existence.

Pour comprendre les explications qui vont suivre, il est nécessaire que le lecteur veuille bien se reporter à la carte géologique à 1/80000 (feuille de Quillan), ainsi qu'à la petite carte à la même échelle que j'ai donnée de la région de Lesquerde (pl. XXXII, dans le tome V de la *Géologie des Pyrénées françaises*). Cette dernière indique ma manière de comprendre la structure de cette partie, tandis que la première, bien que levée primitivement par moi, a été modifiée par M. Léon Bertrand conformément à ses théories.

Ce qui frappe tout d'abord à l'examen de la partie sud-orientale de la feuille de Quillan, c'est l'existence de deux grandes bandes albiennes (bleu-clair) dirigées de l'Ouest à l'Est. La plus septentrionale, celle de Saint-Paul de Fenouillet, est encadrée entre deux bandes aptiennes ; celle du Sud ou de Sournia est entourée de roches cristallines dont la séparent parfois des lames de calcaire (aptien ?). Il semble donc exister deux synclinaux albiens séparés par un anticlinal primaire, le synclinal le plus septentrional étant régulier dans la plus grande partie de son étendue, l'autre plus tourmenté et surtout moins complet. C'est ainsi que j'ai interprété la structure de la région.

Mais cette solution, trop simple, n'a pas été admise par M. Léon Bertrand qui lui en a substitué une autre, expliquée par les coupes 1 à 7 de la planche III de son ouvrage. On y voit que, d'après lui, la bande crétacée méridionale ou bande de Sournia fait partie de la nappe A et qu'elle est constituée par un pli couché au Nord, sur lequel a glissé la nappe B formée de roches cristallines (granites, gneiss, etc.) surmontées de quelques lambeaux secondaires ; toute la région cristalline et primaire comprise entre les deux grandes bandes crétacées serait une énorme nappe de recouvrement, s'étendant à l'Est jusqu'à la plaine de Perpignan.

Je ferai remarquer tout d'abord que la bande de Sournia est composée de terrains métamorphisés ; le calcaire blanc (aptien ?) est absolument cristallin et les calcschistes noirs albiens se présentent sous le même faciès que ceux de Rodome (série B). Ces terrains devraient donc, d'après la classification de M. Léon Bertrand,

1. Voir *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. V, pl. XXXV, fig. 2. Cette photographie représente le contact des nappes Z et A à la coupure de l'Agly, auprès de Cubières ; prise un peu obliquement, elle fait paraître cette surface moins redressée qu'elle ne l'est en réalité.

faire partie de sa série B et non pas de sa série A. Dès la première coupe que nous analysons, nous voyons que l'auteur lui-même donne un grave accroc à cette classification en séries qui est pourtant la base de tout son système.

Quant aux raisons données par M. Léon Bertrand pour soutenir que le massif cristallin d'Ansignan est une masse charriée qui a passé par dessus la bande crétacée de Sournia, ce sont :

1° Le chevauchement vers le Sud du bord méridional du massif cristallin ;

2° L'enfoncement du Secondaire sous le Cristallin et le Primaire à l'extrémité orientale de l'affleurement de Sournia.

Chevauchement vers le Sud du bord méridional du massif cristallin d'Ansignan. — Notre confrère décide *a priori*, d'après des vues théoriques, qu'il ne peut pas y avoir, dans les Pyrénées françaises, de chevauchement vers le Sud, c'est-à-dire en sens inverse de la direction de toutes les poussées bien reconnues d'après lui : aussi lorsqu'il se trouve en présence d'un accident présentant toutes les apparences d'un chevauchement vers le Sud — ce qui n'est pas rare —, il déclare que ce n'est pas un chevauchement vers le Sud *puisqu'il ne peut pas y en avoir*, mais un lambeau de charriage porté du Sud vers le Nord et séparé de ses racines. Seulement il oublie de nous dire pourquoi une poussée venue du Sud doit toujours faire passer les couches méridionales *par dessus* celles qui sont situées plus au Nord.

D'ailleurs dans le cas particulier qui nous occupe actuellement, la ligne de contact du Secondaire et des terrains cristallins est tellement voisine de la verticale, qu'il est abusif même de parler de chevauchement [1] : il est inutile de chercher une explication pour un chevauchement *qui n'existe pas*.

En tous cas il est étrange de voir M. Léon Bertrand déclarer qu'un charriage est nécessaire pour expliquer la coupe de Trilla, alors qu'il a décrit à Amélie-les-Bains une coupe absolument semblable, sans faire intervenir aucun charriage[2].

Enfoncement du Secondaire sous le Primaire a l'Est de l'affleurement de Sournia. — Si la coupe 1 de la planche III de M. Léon Bertrand était une coupe *réelle*, sa manière de voir pourrait, devrait même être acceptée, mais c'est une coupe purement théorique. Je reproduis (planche VII, fig. 1) la partie de cette coupe se rapportant au sujet que je traite en ce moment, et je sépare par un trait ce qui est visible de ce qui est œuvre d'interprétation ; on voit de suite combien cette dernière tient une large part. J'y joins aussi (fig. 2) la coupe telle que je l'ai vue ; on remarquera que les inclinaisons ainsi que le figuré du terrain, diffèrent beaucoup de ce qui a été dessiné par M. Léon Bertrand.

Tout d'ailleurs dans cette coupe est hypothétique : le couronnement des calcschistes albiens par les calcaires (aptiens ?) est loin d'être démontré.

1. A Trilla, l'inclinaison au Nord de la surface de contact est d'environ 60° à 70° ; mais aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest de ce village, l'inclinaison augmente encore.

2. Léon Bertrand et O. Mengel. — Observations sur le synclinal d'Amélie-les-Bains. *CR. Ac. Sc.*, CXXXIII, p 1256. 1901. — *B. S. G. F.*, (4), t. IV, p. 344

J'ai déjà annoncé à plusieurs reprises que c'était une grave erreur de croire que l'Aptien était toujours calcaire et l'Albien toujours marneux ; j'ai cité dans un grand nombre de points des intercalations marneuses dans les calcaires aptiens, particulièrement à une faible distance de la région de Sournia, sur les deux flancs de la vallée de Saint-Paul de Fenouillet. Il s'ensuit que si même l'on admettait la superposition, à Bélesta, du calcaire aux calcschistes noirs — superposition que je ne crois pas exister —, il n'en résulterait nullement la preuve d'un renversement : celui-ci ne serait démontré que si l'âge des deux assises était fixé d'une façon positive. Or, il ne l'est pas, *aucun fossile n'ayant jamais été recueilli dans toute cette bande secondaire de Sournia.*

Il ne reste donc rien de cette coupe 1, ni la superposition du Cristallin sur le Secondaire, ni celle de l'Aptien sur l'Albien.

Mais, dit M. Léon Bertrand, en examinant *de loin* et *en grand* la direction de la stratification des calcaires entre Bélesta-de-la-Frontière et le Mas de la Juliane, il est impossible de ne pas constater que le calcaire doit pénétrer sous le Primaire. M. Léon Bertrand tient beaucoup à cette méthode qui consiste à déterminer de loin la direction de la stratification dans les calcaires compacts ; il y revient à plusieurs reprises dans son ouvrage et dit que l'observation *de près* ne peut mener qu'à des erreurs, en faisant prendre des diaclases pour des lignes de stratification.

Certes, je ne conteste pas qu'il soit souvent fort difficile de discerner de près le sens de la stratification des calcaires compacts [1], mais c'est encore plus dangereux de chercher à le faire de loin. C'est dans ce cas que l'on risque de confondre des lignes de cassure, des diaclases, avec les lignes de stratification ! C'est pour moi ce qui se passe ici, et la prétendue inclinaison vue à distance n'est pas la véritable inclinaison.

La méthode suivie par M. Léon Bertrand est encore défectueuse pour un autre motif : lorsqu'il a cru distinguer ainsi à distance les lignes de stratification, il les poursuit par la pensée au delà des parties visibles, comme si l'inclinaison, dans un pays troublé, ne pouvait pas changer à tout moment.

D'ailleurs, dans le cas présent, il ne s'agit pas de savoir quel est le pendage du calcaire compact, mais bien de s'assurer si le calcaire secondaire pénètre ou non sous les schistes plus ou moins cristallins du Primaire et pour cela on n'en est pas réduit aux suppositions : il suffit de se rendre à la terminaison du massif secondaire, ce que j'ai fait. Elle se présente de la façon suivante (pl. VII, fig. 7). Au delà, vers l'Est, à moins d'un kilomètre de la coupe ci-dessus, on trouve un petit lambeau de Secondaire composé de Trias et de Lias ; il est incontestablement superposé au Primaire. M. Léon Bertrand ne le conteste pas, mais il déclare qu'il fait partie de la masse charriée, sans trouver extraordinaire qu'il soit venu s'arrêter précisément sur le prolongement du grand massif secondaire. D'autres lambeaux calcaires se voient d'ailleurs en plusieurs autres endroits à l'Est de Bélesta-de-la-Frontière, couronnant comme des chapeaux les mamelons de granite.

1. Le géologue qui veut se tenir à l'abri de toute erreur, ne se borne pas à observer — de près ou de loin — les joints qui peuvent être aussi bien des joints de cassures que des joints de stratification : il cherche, et trouve toujours quand il y met le temps nécessaire, des bancs qui par leur coloration ou leur composition, permettent de reconnaître avec certitude la direction de la stratification.

J'ajouterai encore que l'on n'a pas trouvé le plus petit lambeau de Primaire sur tout l'affleurement secondaire de Sournia, pas le moindre témoin de son passage. Le fait serait bien extraordinaire si le charriage avait réellement eu lieu.

Il y a bien un endroit où les couches primaires empiètent sur la bande secondaire; c'est à deux kilomètres environ à l'Est de Bélesta-de-la-Frontière. Et à l'inspection de la carte géologique, on pourrait se demander, faute de points de repère, si ce n'est pas précisément un de ces témoins, mais l'étude sur le terrain montre que le Primaire occupe le *fond* d'un petit cirque dont les murailles sont occupées par les calcaires blancs ou noirs du Crétacé. Comme cette avancée de Primaire occupe les trois quarts de la largeur de la bande crétacée, elle démontre directement le passage des assises primaires *sous le Secondaire* et non au-dessus.

Il n'est pas douteux pour moi que les assises secondaires de la bande de Sournia ne passent nulle part au-dessous du Primaire.

En résumé, pour cette dernière partie, *je soutiens qu'il n'existe en aucun point de superposition constatée du Primaire sur le Secondaire, pas plus que d'enfoncement à l'Est des calcaires (aptiens?) sous le Primaire. Il ne subsiste donc aucun argument en faveur du charriage du massif primaire d'Ansignan, qui est bien un massif enraciné, contrairement à ce qui est figuré sur les coupes de M. Léon Bertrand.*

Je passe maintenant à l'autre synclinal, celui de Saint-Paul de Fenouillet. Celui-là semblait inattaquable avec ses deux murailles de calcaire aptien encadrant régulièrement sur une grande longueur une vallée albienne, et pourtant M. Léon Bertrand cherche à le démolir ; seul le masssif d'Albèze, au Sud de Maury, trouve grâce devant lui [1], mais à l'Ouest de ce petit massif, il fait passer sa ligne de contact anormal, base de la nappe B, au milieu de l'affleurement aptien. Il existe, il est vrai, dans cette région une ligne de faille avec léger chevauchement vers le Nord, mais elle passe au Sud et non pas au Nord de la barre calcaire, dont le contact avec l'Albien se fait, en succession normale, par une surface presque verticale et non pas suivant un plan incliné de 45° comme le figure M. Léon Bertrand.

Si j'insiste à nouveau sur l'intensité de l'inclinaison, c'est que j'y vois, comme je l'ai déjà dit, une grande importance : il suffit parfois de modifier un peu l'allure des couches pour rendre vraisemblable une coupe qui serait immédiatement rejetée par tous si elle était dessinée avec l'inclinaison véritable : c'est le cas en particulier de la coupe 2 (*Op. cit.*, pl. III), à la traversée de la crête de Lesquerde (pl. VII, fig. 3 et 4).

Si l'on suit la crête de calcaire aptien à l'Ouest de Lesquerde, on la voit se continuer *très régulièrement* jusqu'à Puilaurens, toujours à peu près verticale,

1. Il m'est impossible de saisir quelle raison a conduit M. Léon Bertrand à ranger le calcaire aptien du massif d'Albèze dans sa nappe A, et dans sa nappe B tout le reste de la bande jusqu'à Puilaurens. Il est obligé pour cela de faire passer sa ligne de contact anormal au milieu d'un massif calcaire qu'il est bien étrange de couper en deux (voir carte géologique à 1/80000, feuille de Quillan). Dans la théorie de notre confrère, le calcaire aptien de la nappe B serait venu se placer *précisément sur le prolongement de celui de la nappe A et en contact direct avec lui*. Ce serait vraiment un bien singulier hasard !

en concordance absolue avec les schistes albiens de la vallée, mais séparée au contraire des schistes albiens qui se trouvent au Sud par une faille *presque verticale*, avec très faible inclinaison nord.

L'existence de cette faille suffit pour que M. Léon Bertrand considère toute la crête comme faisant partie d'une masse charriée et non enracinée ; peu lui importe que les deux vallées profondes qui la traversent, à Fenouillet et à Puilaurens, ne montrent jusqu'à leur thalweg que des calcaires aptiens, que la faille qui limite les calcaires au Sud soit verticale, que vers le Nord les couches albiennes succèdent règulièrement à l'Aptien. Tout cela ne compte pas pour lui : le calcaire aptien, de Fosse à Puilaurens, constitue une charnière anticlinale plongeante ! [1].

En appliquant aux coupes 3, 4 et 5 (*Op. cit.*, pl. III), le procédé que j'ai déjà employé pour les deux premières, c'est-à-dire en supprimant toute la partie invisible sur le terrain, on constate qu'il n'y a aucune espèce de raison pour considérer comme charriés, les calcaires du flanc méridional de la vallée de Saint-Paul-de-Fenouillet. Il y en a beaucoup au contraire pour faire prévaloir l'opinion adverse.

Arrivés à Puilaurens, ces calcaires *s'enfoncent* en effet à *l'Ouest, sous les schistes albiens,* ce qui est démontré par l'auréole de calcschistes à grosses Huîtres qui entoure le rocher du château de Puilaurens, sauf du côté sud où passe la faille (voir *La Géologie des Pyrénées françaises,* fasc. V, pl. XXXI).

Ces calcschistes à grosses Huîtres (*Ostrea aquila* d'Orb. ou *sinuata* Sow.) marquent en effet dans la région la limite de l'Aptien et de l'Albien. L'existence d'un axe anticlinal à Puilaurens est d'ailleurs confirmée par la coupe de la vallée de l'Aude à 1 kilomètre au Nord d'Axat sur le *prolongement exact* [2] de la crête de Puilaurens : cette coupe montre une très belle voûte dans les assises de l'Aptien supérieur. Il est vrai que pour M. Léon Bertrand, les couches d'Axat et celle de Puilaurens n'appartiennent pas à la même nappe.

Je ferai remarquer, en passant, que la crête Lesquerde-Puilaurens n'est pas fortement métamorphisée et ne présente pas par conséquent les caractères attribuées par M. Léon Bertrand à sa série B. C'est un nouvel accroc à sa théorie de la division en cinq séries.

Voici en quels termes M. Léon Bertrand expose la structure de la chaîne de Puilaurens :

« *Malgré son aspect d'anticlinal enraciné et régulier* [3] de calcaire urgo-aptien surgissant au milieu des schistes albiens, c'est un témoin très net d'une charnière anticlinale plongeante, c'est-à-dire non enracinée *in situ* et entièrement séparée de sa racine ». Il oublie toutefois de nous donner les raisons de sa conviction.

1. Voir *Op. cit.*, p. 47, la description de ce genre d'accident, d'un usage bien commode, puisque sa caractéristique est de ne pas pouvoir être reconnu sur le terrain. On peut donc le placer où on veut, sans craindre la contradiction.

2. M. Léon Bertrand dit que le calcaire des gorges de Saint-Georges, et non pas l'axe anticlinal d'Axat, se trouve sur le prolongement de la crête calcaire de Puilaurens ; l'examen de la carte à 1/80000, montre qu'il n'en est rien, quoique le lambeau aptien de la forêt d'En Malo ait été dessiné notablement trop au Nord.

3. Non souligné dans le texte original.

Il ajoute qu'à l'Est de Puilaurens la série *semble régulière,* mais *ce n'est qu'une apparence;* le front de la nappe B passe au milieu des schistes albiens de la vallée de Caudiès-Saint-Paul, de sorte qu'on ne peut le suivre *que théoriquement!* Ainsi M. Léon Bertrand est obligé de convenir que la série semble régulière [1], néanmoins cela ne l'empêche pas de considérer la grande bande calcaire de Lesquerde-Puilaurens comme charriée. Pourquoi donc ? Uniquement parce que, au Sud de cette bande se montre une faille PRESQUE TOUJOURS VERTICALE, mais très légèrement inclinée Nord à Puilaurens même. Or, nous avons déjà vu que M. Léon Bertrand n'admet pas la possibilité de chevauchements au Sud, si peu accentués qu'ils soient.

En dehors de la discussion sur la charnière anticlinale plongeante, les coupes 2, 3 et 4 (*Op. cit.*, pl. III) n'appellent que peu d'observations. Je me bornerai à faire remarquer que la superposition figurée des granites, schistes cristallins et calcaires aptiens sur les schistes albiens *n'est observable nulle part ;* c'est une pure hypothèse, contredite par ce qui se voit dans toutes les vallées.

La coupe 5 nous retiendra un peu plus longtemps.

Salvezines est situé dans un cirque complet dont les parois sont seulement tranchées par les gorges étroites permettant l'entrée et la sortie de la rivière la Boulzane. Les murailles du cirque, dont la hauteur atteint 800 mètres [2], sont formées de calcaire aptien et le fond de différentes assises primaires.

Dans de pareilles conditions, il était vraiment impossible de dire que le Primaire passait par-dessus le calcaire aptien ; aussi M. Léon Bertrand, toujours persuadé de l'existence des nappes superposées, englobe dans sa nappe B le calcaire aptien avec le Primaire et fait passer son plan de charriage entre l'Aptien et l'Albien, ce dernier terrain formant, d'après lui, tout le soubassement du cirque de Salvezines. Inutile d'ajouter que ce soubassement *ne se voit pas*, qu'il est simplement *supposé* exister en profondeur par une hypothèse toute gratuite. Si nous supprimons, comme nous l'avons déjà fait pour les coupes précédentes, la partie non visible, de manière à faire le départ entre les résultats de l'observation et l'hypothèse, nous verrons que rien ne permet de supposer que l'Albien passe au-dessous du cirque (pl. VII, fig. 5 et 6). Il y a même une forte présomption pour que les affleurements albiens du Nord et du Sud de Salvezines ne soient pas en continuité directe, les premiers n'étant pas du tout métamorphisés, tandis que les seconds sont durcis et remplis de minéraux, quoique sa nappe A, on s'en souvient, ne doive pas contenir de couches métamorphiques. Que reste-t-il de la division en séries ?

Je conteste d'ailleurs formellement l'inclinaison du contact de l'Aptien et de l'Albien entre Salvezines et Puilaurens, tel qu'il est figuré sur la coupe 5; ce contact est beaucoup plus redressé, ce qui rend tout à fait invraisemblable l'existence du charriage.

Ici comme dans toutes les coupes précédentes, la superposition du Primaire à l'Albien est purement hypothétique et non observable.

1. Je dis, moi, non pas qu'elle *semble,* mais qu'elle *est* incontestablement régulière.

2. Le figuré du terrain est très inexactement représenté sur la coupe de M. Léon Bertrand, qui ne laisserait jamais supposer l'existence d'un cirque.

Au Sud de Salvezines, les calcaires noirs albiens succèdent *régulièrement* et *en concordance* aux calcaires aptiens ; c'est d'ailleurs ainsi que M. Léon Bertrand lui-même le figure (*Op. cit.*, fig. 21, p. 74). Malgré cela, il fait passer entre ces deux calcaires le grand plan de charriage qui sépare ses nappes A et B, en imaginant dans les calcaires aptiens du rocher du Timbre un pli couché *non visible,* mais nécessaire pour sa théorie.

Pour la coupe 6, les remarques que j'aurais à présenter seraient de même nature que celles relatives à la précédente : la superposition sur l'Albien du Primaire et de l'Aptien de Caunil d'une part, de l'Aptien du Bois de Faussibre d'autre part, n'est visible en aucun point. Elle me paraît inadmissible : pour moi, ces deux lambeaux, surtout le premier, sont certainement enracinés.

J'arrive à la septième coupe et j'en entreprends l'examen à partir du Nord.

Tandis que les couches qui composent le sol de la forêt des Fanges sont toutes verticales ou subverticales, l'auteur figure un Aptien presque horizontal surmontant du Lias, du Trias, et finalement des schistes albiens. Toute cette succession est PUREMENT HYPOTHÉTIQUE ; ni le Lias, ni le Trias, n'affleurant ni sur le trajet même de la coupe, ni dans la *très profonde* vallée de l'Aude qui passe tout près de là.

Quant au recouvrement des schistes albiens par des terrains plus anciens (charriage de A sur Z), non seulement il n'est pas visible, mais tous les faits observables contredisent son existence. La muraille de calcaire aptien qui termine au Nord la forêt des Fanges est verticale et se poursuit de même jusqu'au fond de la grande coupure de la vallée de l'Aude ; rien ne peut faire supposer un chevauchement qui n'est même pas amorcé dans les parties les plus profondes des vallées.

Si M. Léon Bertrand a figuré différemment l'allure des couches, c'est parce qu'il croit que le grand accident qui vient de Bélesta (Ariège), au lieu de s'incurver légèrement vers le Nord pour passer vers Saint-Ferriol, comme je l'ai dessiné sur la carte à 1/80000, continue par le Sud de Belvianes pour se relier à l'autre grand accident qui va de Saint-Louis à Padern et au delà. Mais pour démontrer cette hypothèse, il faudrait autre chose qu'une coupe imaginée de toutes pièces comme la partie septentrionale de la coupe 7.

Sur cette même figure, un peu plus au Sud, se trouve représentée la coupe des gorges de Saint-Georges entre Axat et Sainte-Colombe. Cette coupe a été donnée quatre fois par M. Léon Bertrand [1] et chaque fois de façon différente. Malheureusement aucune de ces quatre interprétations n'est acceptable comme je l'ai déjà indiqué à plusieurs reprises.

Il est vrai qu'à l'entrée nord des gorges existe un chevauchement de l'Aptien sur l'Albien, chevauchement que j'ai fait connaître le premier depuis longtemps ; ce chevauchement s'est produit suivant une ligne très fortement inclinée et avec un avancement très peu prononcé vers le Nord. Mais il n'est pas exact qu'au Sud du

1. *Op. cit.*, p. 45 et pl. III, coupe 7 ; *Bull. Carte géol. France*, t. XVI, p. 114, et *Bull. Soc. géol. France*, (4), t. VIII, p. 515.

Roc de Lauzieret, sur la rive droite, le calcaire aptien repose sur l'Albien : les calcaires qui affleurent sur les sommets sont directement enracinés et se présentent en couches *presque verticales*, suivant la règle générale dans toute la région. Je ne m'explique pas comment M. Léon Bertrand a pu figurer les assises avec une inclinaison si différente de celle qui se montre réellement ; il est vrai que sans elle, l'existence des nappes est insoutenable.

Je ferai remarquer que la partie figurée en Albien au-dessous du roc de Lauzieret est en réalité occupée par des éboulis, comme M. Léon Bertrand l'a d'ailleurs reconnu lui-même dans sa quatrième coupe.

Sur les différentes cartes [1], M. Léon Bertrand a marqué dans le voisinage immédiat de la coupe 7, deux « fenêtres » de schistes albiens pointant dans les vallées de l'Aude et de l'Aiguette. Si ces pointements existaient, le charriage serait prouvé dans les conditions précisées par M. Léon Bertrand, mais l'affirmation de notre confrère est encore une des suites de l'erreur que j'ai déjà relevée à plusieurs reprises et qui consiste à considérer comme albiennes toutes les couches marneuses ou schisteuses du Crétacé inférieur.

Je conteste formellement la présence de l'Albien au-dessous des calcaires aptiens dans les vallées de l'Aude et de l'Aiguette entre Axat et Sainte-Colombe ; il n'y a là ni « fenêtre » ni succession anormale.

En résumé, dans cette première partie de la feuille de Quillan, on ne peut reconnaître aucun indice de l'existence de la grande nappe désignée par M. Léon Bertrand sous la dénomination de nappe B ; nulle part on ne voit les superpositions anormales qu'il représente à la base de cette nappe. Quant aux inclinaisons de couches qui sembleraient permettre d'interpréter les faits suivant sa manière de voir, *elles sont toutes à rectifier*.

Les schistes cristallins avec les roches éruptives qui les accompagnent appartiennent très certainement à des massifs enracinés *et ne reposent pas sur des assises secondaires,* comme tendraient à le faire croire les *coupes schématiques — et non réelles* — de M. Léon Bertrand.

2. — Partie occidentale

Les observations que j'aurai à faire sur cette deuxième série de coupes ne différeront pas beaucoup de celles que j'ai présentées dans le chapitre précédent, car les coupes ont été établies d'après les mêmes méthodes.

La première (coupe 8 de la planche III, *Op. cit.*) montre une énorme masse de calcaire aptien reposant par une surface presque horizontale sur un soubassement de schistes albiens. En réalité le bord septentrional de l'affleurement de calcaire aptien chevauche un peu l'Albien, mais suivant un plan incliné sud de 50° à 60° au moins : or, rien ne permet de supposer que ce plan se relève

1. *Op. cit.*, pl. I et II ; Carte géologique à 1/80000, feuille de Quillan.

dans la partie qu'on ne peut pas voir pour former le substratum du calcaire. La belle superposition figurée sous tout le plateau du Clat est purement hypothéthique, comme le démontre un simple coup d'œil jeté sur la carte géologique à 1/80000.

Quant au recouvrement du Pech de Nadiou, il existe ; je l'ai signalé le premier dès le début de mes études pyrénéennes. Mais ses dimensions, fort modestes, sont considérablement exagérées sur la coupe 8 ; quant à son prolongement vers le Nord, il est inexistant.

Remarques analogues pour la coupe 8 bis : la superposition de l'Aptien sur l'Albien ne peut pas être constatée ici plus que sur le tracé de la coupe précédente. C'est une pure hypothèse, non seulement sans aucun fondement, mais même contredite par l'intensité de l'inclinaison de la surface de contact à l'affleurement. Cette petite coupe présente un intérêt particulier : c'est qu'elle est la première à montrer un lambeau d'une nouvelle nappe, la nappe C, supérieure à la nappe B d'après M. Léon Bertrand, le lambeau du Pas del Corps composé de schistes cristallins.

Cet affleurement, extrêmement réduit, des schistes cristallins du Pas del Corps, m'est bien connu, car c'est moi qui l'ai découvert. Il se trouve *dans une dépression*, au fond d'un vallon dont les flancs sont composés de calcaire aptien ; singulière position pour un fragment d'une nappe de charriage datant de l'Eocène, puisqu'il n'aurait pu être amené au point où il se trouve qu'*après le modelé du vallon par les érosions quaternaires ou tout au plus pliocènes*.

Inutile d'ajouter que le substratum de ce petit lambeau n'est pas visible.

Aussi suis-je absolument convaincu que les schistes cristallins passent au-dessous du calcaire aptien et vont ainsi rejoindre l'affleurement primaire et cristallin de Bessède, ce qui fait disparaître non seulement la nappe C, mais aussi la nappe B.

La coupe 9 est semblable à la précédente et tout aussi peu justifiée. Au risque de me répéter d'une manière fastidieuse, je suis obligé de faire remarquer encore que la superposition du calcaire aptien (nappe B) sur l'Albien n'est pas visible, que celle des granites et schistes cristallins (nappe C) sur l'Aptien ne l'est pas davantage. Et non seulement cette dernière superposition n'est pas visible, mais elle est tout à fait invraisemblable : le Cristallin de cette coupe et de la suivante occupe le fond d'une *dépression très profonde entourée par de hautes murailles abruptes de calcaire aptien* [1].

En somme la position relative du Primaire et du Secondaire est ici la même qu'à Salvezines, avec cette différence seulement qu'au lieu du cirque complet dont cette dernière localité occupe à peu près le centre, il n'existe à Bessède qu'un demi-cirque, et il est de toute impossibilité d'admettre, lorsqu'on est sur le terrain, au lieu d'avoir sous les yeux une coupe à petite échelle, — il est de toute impossibilité, dis-je, — d'admettre la superposition du Primaire sur les calcaires qui forment les murailles du cirque. M. Léon Bertrand n'a pas échappé à cette impression,

1. Les murailles de calcaire secondaire dominent le fond de la dépression de plus de 400 mètres. Les dessins de M. Léon Bertrand, pas plus que mes coupes d'ailleurs, ne donnent une idée de cette disposition en cirque si frappante sur le terrain, et qui serait plus appréciable sur des coupes dirigées Est-Ouest.

mais il ne s'y est pas arrêté et a conclu néanmoins au charriage du Primaire. Les explications qu'il donne sont d'ailleurs singulièrement compliquées !

Et d'abord trouvant vraiment trop invraisemblable de faire passer le Primaire par-dessus le Picoul de la Gardie (sommet 1201 de la coupe 9), dont la partie supérieure est composée de couches secondaires, il admet que ce Secondaire fait partie de la nappe C comme le Primaire sur lequel il repose. Il suffit pour cela de faire passer un gros trait noir au milieu des affleurements secondaires ; c'est simple, mais inexact ! *Le Secondaire du Picoul de la Gardie est la continuation directe, incontestable, de celui du Roc de la Trébine d'une part, de celui du Roc de la Serre de l'autre, et il n'existe aucune trace du prétendu plan de charriage qui séparerait le Picoul de la Gardie des affleurements secondaires précités.*

Le métamorphisme est en effet moins intense au Picoul de la Gardie que dans la plus grande partie du massif du Clat, mais c'est *progressivement* et *non brusquement* que cette intensité diminue ; de plus, le Roc de la Serre maintenu par M. Léon Bertrand dans la nappe B, n'est pas plus métamorphique que le Picoul de la Gardie. Les différentes divisions habituelles — Lias inférieur calcaire, Lias moyen marneux, dolomie jurassique, calcaire de l'Aptien — sont toutes parfaitement reconnaissables au Roc de la Serre ; j'avais remis au Service de la Carte géologique une minute où les contours de ces diverses assises étaient tracés [1], mais il n'en a pas été tenu compte et les feuilles du tirage de la carte à 1/80000 (feuille de Quillan) montrent au Roc de la Serre le groupement **c/l**^{m}, c'est-à-dire le Secondaire inférieur *métamorphique* réuni sous une notation globale. Ainsi le voulait la théorie, les couches du Roc de la Serre devant faire partie de la nappe B !

Pour le reste du tour du cirque, M. Léon Bertrand est bien obligé de reconnaître que « les calcaires marmoréens.... dominent donc topographiquement les couches primaires, mais ils plongent d'une façon périsynclinale tout autour de l'extrémité du massif primaire. »

Je ne sais si beaucoup de géologues admettront ce plongement périsynclinal *non visible* [2], venant juste à point pour permettre à la nappe C d'exister ; pour moi, je le repousse absolument et je déclare que les indications d'inclinaisons mises par M. Léon Bertrand sont tout à fait inexactes. Si ce plongement existait et si le Crétacé passait vraiment sous le Primaire, il semble bien que l'on devrait en trouver quelque témoin dans le fond des ravins qui découpent les granites et gneiss des environs de Bessède ; or, non seulement aucun affleurement de cette nature n'a été constaté, mais le long de la route de Bessède à Gesse, on voit, sans aucune ambiguïté, le Secondaire surmonter indiscutablement le Primaire. M. Léon Bertrand ne peut pas le nier, mais il déclare alors qu'il s'agit « d'un accident purement local et dans lequel il serait tout à fait impossible de chercher la trace d'un enracinement de la série primaire en question au

1. Voir ma carte géologique *in La Géologie des Pyrénées françaises*, t. V, pl. XXXI. Je maintiens formellement l'exactitude des contours dessinés sur cette carte pour la partie dont il est question ici.

2. La fameuse méthode qui consiste à examiner la direction des couches *de loin* et *en grand*, n'est pas applicable ici, puisque, d'après l'auteur, on ne verrait nulle part les couches par la tranche.

milieu de la nappe sous-jacente ». C'est, pour lui, un point où « une petite faille de tassement, toute locale, y a légèrement abaissé le Primaire par rapport aux calcaires qui viennent au Sud et masqué le phénomène principal » (*Op. cit.*, p. 55).

Ainsi il n'y a qu'UN SEUL POINT, sur tout le pourtour du cirque, où l'on voit une *superposition incontestable* ; mais comme la succession montre le Secondaire au-dessus du Primaire, dans l'ordre régulier, c'est un accident local !

Je ferai en terminant une remarque analogue à celle qui m'a été suggérée par l'examen de la coupe 8 bis. Pour que la masse charriée, dite nappe C, puisse se trouver actuellement dans le fond du cirque de Bessède, il est nécessaire de supposer qu'avant l'époque du charriage, il existait en ce point une dépression tellement profonde qu'elle aurait été un véritable gouffre. En donnant aux couches primaires une épaisseur sûrement trop faible, la différence de niveau entre la base de celles-ci et les sommets voisins ne peut pas, en effet, être estimée à moins de 600 mètres, et le diamètre de la dépression est d'un kilomètre à un kilomètre et demi. On voit quelle série d'hypothèses invraisemblables il faut accumuler pour admettre l'existence de la nappe C, ou, si l'on préfère, la superposition du Primaire de Bessède sur le Secondaire.

Il aurait fallu d'abord la formation entre le Crétacé inférieur et l'Eocène, c'est-à-dire à une époque où il n'existe aucun indice de mouvements du sol importants, d'un gouffre étroit et profond, genre d'accident dont on ne connaît aucun exemple ; il aurait fallu ensuite que la masse charriée passant par-dessus les crêtes, *sans y laisser le moindre témoin*, vînt précisément s'abattre dans ce trou préparé à l'avance par une force inconnue. On conviendra qu'il est difficile d'entasser plus d'invraisemblances.

Je conclus donc, en ce qui concerne la région figurée sur la coupe 9, que non seulement les superpositions de la nappe B sur la nappe A, et de la nappe C sur la nappe B ne sont pas visibles, mais que la disposition relative des diverses masses minérales ne permet pas d'admettre qu'il y ait là une superposition anormale. C'est le Secondaire qui repose sur le Primaire, comme on le voit sur la route de Bessède à Gesse et non pas le Primaire sur le Secondaire.

Malgré toutes les raisons que j'ai énumérées, bien que le Secondaire occupe toutes les crêtes, le Primaire tous les bas-fonds, M. Léon Bertrand n'en affirme pas moins que le Primaire est en nappe charriée sur le Secondaire.

Coupes 10 à 12. Je n'aurais qu'à répéter pour ces trois coupes ce que j'ai dit ci-dessus, sans une particularité qui m'arrêtera un instant.

M. Léon Bertrand a représenté dans ces coupes sur la rive droite (méridionale) de l'Aude, le Lias, la dolomie jurassique et l'Aptien formant un très beau pli couché — vers le Nord naturellement — malgré les observations que je lui avais faites avant la publication de son livre ; je lui avais dit qu'aucune couche secondaire n'existait sur cette rive. M. Léon Bertrand ne m'a pas cru à ce moment, mais il a reconnu postérieurement que cet affleurement secondaire était inexistant puisqu'il l'a supprimé sur la carte géologique à 1/80000 (feuille de Quillan) et remplacé par du Dévonien.

C'est un exemple de la confiance que l'on peut avoir dans les coupes de notre confrère ; il a dessiné un synclinal couché formé de trois assises secondaires distinctes, alors que les terrains secondaires sont totalement absents de cette rive de l'Aude et doivent être remplacés par un anticlinal dévonien.

Et c'est en s'appuyant sur une suite de figurés aussi théoriques que celui-là, qu'il vient soutenir que tous les plis sont couchés au Nord et tous les chevauchements dirigés dans ce même sens. C'est ainsi surtout qu'il donne aux lecteurs de son ouvrage une impression inexacte sur l'allure des couches de la région : tous les beaux plis couchés au Nord disparaissent l'un après l'autre.

Que dirai-je des coupes 13 et 14 ? Elles sont tout aussi théoriques que les précédentes ; les superpositions anormales supposées ne sont visibles nulle part, pas plus que les inclinaisons ne sont réelles.

Je dois pourtant, avant d'aller plus loin, signaler dans la partie septentrionale des coupes 11, 12 et 13, une nouvelle application de la théorie de la *charnière anticlinale plongeante*. Sur les bords du Rébenty, un peu au Nord de Joucou, apparaît une bande de calcaire aptien, limitée au Sud par une faille verticale, tandis que vers le Nord ce calcaire est suivi régulièrement par les couches qui lui succèdent normalement dans la série sédimentaire. C'est la répétition de ce que nous avons vu à Puilaurens.

Au lieu de considérer la faille au Sud de l'affleurement calcaire comme une faille d'effondrement avec peut-être un léger chevauchement vers le Sud, M. Léon Bertrand regarde ce calcaire comme un lambeau de recouvrement faisant partie de la nappe B. Il ne se laisse pas arrêter par la régularité de la succession du côté nord ; nous savons en effet que la caractéristique de la charnière anticlinale plongeante, suivant la théorie de M. Léon Bertrand, est précisément de ne pas être discernable sur le terrain et de ne modifier en rien la succession régulière des couches !

Je m'arrêterai un instant à la coupe 14, parce que M. Léon Bertrand dit qu'aux environs de Galinagues « les couches primaires.... sont superposées aux couches secondaires sur tout leur parcours très sinueux », et en outre parce qu'il semble indiquer que dans une course commune, je suis tombé d'accord avec lui sur la superposition du Primaire sur le Secondaire.

Bien que les contours de cette partie, relevés d'abord par moi, aient été *rectifiés* par M. Léon Bertrand sur la carte à 1/80000, ils ne présentent, même sur cette carte, qu'une allure bien peu sinueuse ; en réalité, ils ne le sont pas du tout comme le montre ma carte (*La Géologie des Pyrénées françaises*, t. V, pl. XXXI).

Quant à la superposition du Primaire sur le Secondaire, je ne l'admets nullement : sur le plateau, il est impossible de rien voir de concluant, mais le point qui doit, d'après M. Bertrand, entraîner la conviction est situé à l'extrémité occidentale de l'affleurement marqué $\gamma_I x$ sur la carte à 1/80000. Au lieu d'y voir la superposition indiquée par mon contradicteur, j'ai constaté au contraire un contact vertical, d'ailleurs assez mal visible à cause des éboulements. Mais ce que je ne puis admettre en aucune façon, c'est l'existence d'une barre de calcaire

aptien entre l'extrémité de γ_l x et la vallée du Rébenty : depuis la terminaison de l'affleurement granito-schisteux jusqu'à la rivière, existe un vallon large de 150 mètres au moins, à fond plat, entièrement couvert par des alluvions ou des éboulis. Je suis persuadé que le Primaire se continue sous cette couverture jusqu'au Rébenty : je ne puis pas le prouver, mais M. L. Bertrand ne peut pas davantage démontrer l'existence de la barre calcaire qu'il a tracée. C'est un point qui ne doit être invoqué ni par l'un ni par l'autre en faveur de sa manière de voir, et les cartes — aussi bien la mienne que celle du Service — doivent être modifiées par l'addition d'une bande d'alluvions entre le Primaire au droit de Galinagues et la rivière.

Coupe 15. Le contact des schistes et du calcaire au Sud de Niort se fait suivant un plan *vertical,* et non pas comme il est figuré sur la coupe : l'allure des couches est complètement modifiée par cette rectification qui rend non seulement invraisemblable, mais impossible, la superposition de la prétendue nappe B sur A[1]. Quant à la courbure des couches secondaires au-dessous du sommet 1175, inutile de dire qu'elle est purement hypothétique, puisqu'elle se produirait à quatre ou cinq cents mètres au-dessous du fond de la vallée.

Enfin la dernière coupe (coupe 16) est bien le type des coupes de M. Léon Bertrand : son examen fait ressortir quel est le procédé employé par notre confrère pour leur établissement. Elle a d'ailleurs pour l'auteur une importance particulière ; c'est elle, dit-il (*Op. cit.,* p. 38), qui, jointe à l'étude de la coupure profonde du Rébenty, entre Mérial et Niort (coupe 15), « donne la *démonstration directe* de cette interprétation [existence de nappes superposées] et montre que ce n'est pas une simple vue de l'esprit. » C'est l'auteur qui a souligné : *démonstration directe,* dans son texte ; nous allons voir que son affirmation est quelque peu imprudente.

La carte géologique (feuille de Quillan à 1/80000) montre que le mamelon 1263 est situé dans un très vaste affleurement de calcaires secondaires métamorphisés, limité au Nord et au Sud par du Primaire et s'étendant à l'Est et à l'Ouest jusqu'à une grande distance, *sans aucune coupure permettant de voir une superposition quelconque.* Cela n'empêche pas M. Léon Bertrand de FIGURER SIX COUCHES DISTINCTES ET DEUX NAPPES EN SUPERPOSITION ; IL MONTRE UNE LAME DE PRIMAIRE REPOSANT EN DISCORDANCE SUR DIVERSES ASSISES SECONDAIRES COURBÉES PAR UN BEAU PLI COUCHÉ AU NORD. Comment a-t-il pu voir ce qui se passe à 1000 mètres sous terre ? N'oublions pas que c'est cette coupe 16 qui donne la *démonstration directe* de l'existence des nappes superposées !

Lorsque, à la séance du 20 juin 1910, j'ai formulé les critiques reproduites ci-dessus, M. Léon Bertrand a répondu [2] que « les coupes en question sont *synthétiques* et pour ne pas les multiplier à outrance, l'auteur y a fait figurer en profondeur les données qu'on est vraisemblablement en droit d'induire, *par continuité,* des renseignements fournis par les points contigus ou par les coupes

1. L'absence de déviation des contours sur la carte géologique, à la traversée de la profonde vallée du Rébenty, montre que l'inclinaison du contact des schistes et du calcaire au Nord de Niort ne peut pas être celle figurée sur la coupe 15.

2. *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France,* année 1910, p. 115.

voisines, de façon à donner une idée de l'allure profonde des renseignements fournis par la surface ».

Il est bon de se rappeler que cette réponse était principalement motivée par ma critique de la coupe 16, sur le tracé de laquelle *les renseignements fournis par la surface* ou par *les coupes voisines* ne sont pas copieux.

Je ne connais, quant à moi, que deux sortes de coupes : *les coupes réelles* et *les coupes schématiques*. Les premières sont la reproduction de ce qui existe sur le terrain et peuvent être vérifiées par quiconque se rend sur place ; elles seules doivent servir de base aux hypothèses et aux théories. Les secondes sont indispensables dans bien des cas pour faire comprendre la pensée d'un auteur, mais elles deviennent par contre nuisibles et doivent être sévèrement proscrites, si leur caractère n'est pas nettement indiqué et surtout si l'on se base sur ce qu'elles représentent pour établir une théorie, oubliant qu'elles ne sont elles-mêmes qu'une hypothèse.

Quant aux *coupes synthétiques* de M. Léon Bertrand, ce seraient des coupes sur lesquelles on figurerait en un point ce qui a été vu ailleurs. Singulière méthode ! En ce qui concerne la coupe 16 qui a été plus spécialement la cause de cette discussion, je me demande ce qu'elle peut bien *synthétiser*, les successions qu'elle figure n'étant, d'après moi, visibles nulle part. Mais si elles existent réellement ailleurs, quelle étrange idée de choisir précisément pour faire passer cette coupe, une ligne où aucune superposition n'est visible alors que rien ne la désignait particulièrement ? La réponse est facile ; comme ces superpositions n'existent nulle part, il était indifférent de les figurer suivant une ligne ou suivant une autre : ç'aurait été aussi inexact dans tous les cas.

Avant de quitter la feuille de Quillan, je m'occuperai un instant de la bande dévonienne et carboniférienne qui s'étend de Belcaire à la vallée du Rébenty et qui n'est traversée par aucune des coupes de la planche III. Cette bande fait partie, pour M. Léon Bertrand, de sa nappe C, bien que, longue de 6 kilomètres et large de 400 mètres environ, elle se trouve comprise entre deux bandes de calcaires secondaires qui, sans égaler les murailles du cirque de Bessède, surmontent néanmoins le Primaire de 30 à 40 mètres.

Ces calcaires étant rapportés à la nappe B, la théorie de M. Léon Bertrand nécessite, comme à Bessède, la préexistence, inexplicable, d'une fosse étroite et profonde dans laquelle serait venu précisément s'effondrer le lambeau charrié de Primaire. C'est tout à fait invraisemblable. De plus, sur cette bande primaire reposent deux lambeaux de calcaires secondaires, *identiques à ceux des affleurements voisins*, de telle sorte qu'il est absolument impossible de considérer le Primaire comme surmontant le Secondaire [1].

1. Sur la carte à 1/80000, M. Léon Bertrand a colorié ces deux affleurements en bleu (couleur du Lias inférieur), de sorte qu'à première vue, ils semblent différents des calcaires qui encadrent au Nord et au Sud la bande primaire. Mais ce n'est qu'une apparence : les calcaires du Sud, bien que figurés sous une autre couleur, sont notés e_I I^a, et comprennent par conséquent le Lias ; *il n'y a aucune raison pour distinguer les petits lambeaux calcaires qui reposent sur la bande primaire, des calcaires qui entourent cette même bande.*

Pour résumer le résultat de l'examen des coupes de cette deuxième partie de la feuille de Quillan, je n'ai qu'à accentuer encore ce que je disais à la fin du paragraphe relatif à la première partie ; *rien ne permet de reconnaître les deux grandes nappes B et C de M. Léon Bertrand, aucune des superpositions anormales sur lesquelles il se base pour affirmer leur existence ne pouvant être observée.* Je ne pourrais mieux faire d'ailleurs, pour terminer, que de citer le mot de M. Léon Bertrand lui-même : ses coupes sont *synthétiques,* c'est-à-dire un produit de ses déductions. Elles ne peuvent donc servir de base à l'édification d'une théorie qui doit être assise sur des faits et non sur des coupes qui sont déjà elles-mêmes une interprétation.

VI. — Feuilles de Foix et Pamiers

L'étude des coupes de M. Léon Bertrand, situées sur la feuille de Foix (*Op. cit.*, pl. V) sera plus rapide que celle des coupes de la feuille de Quillan. Les coupes de la planche V sont construites à une beaucoup plus petite échelle que les précédentes (1/160000 au lieu de 1/80000) et par suite beaucoup moins détaillées ; elles se prêtent moins, par cela même, à un examen critique.

En outre la feuille de Foix de la Carte géologique à 1/80000 n'est pas encore publiée, de sorte que le lecteur n'aura, pour l'aider à suivre la discussion, que les cartes partielles qui accompagnent soit le tome V de la *Géologie des Pyrénées françaises,* soit l'ouvrage de M. Léon Bertrand.

Les remarques que j'aurais à faire sur cette nouvelle série de coupes seraient, la plupart du temps, identiques à celles que j'ai formulées dans le chapitre précédent ; je ne les rappellerai pas pour chacune d'elles. Elles portent principalement sur la superposition des diverses nappes que je persiste à croire purement hypothétique et sur l'intensité de l'inclinaison systématiquement trop faible sur les coupes de M. Léon Bertrand.

Région du Saint-Barthélemy. — La coupe 1 (*Op. cit.*, pl. V), ne montre d'ailleurs que deux nappes, la nappe A et la nappe B, sans que la première reparaisse au Sud de la seconde. Cette interprétation diffère fort peu de la mienne, exposée dans le tome IV de *La Géologie des Pyrénées françaises ;* les seules divergences notables sont que je donne moins d'amplitude au mouvement de progression et surtout que je considère la plus grande partie de ce qui est désigné sous la notation de nappe B, comme étant en place. Son bord septentrional seul est en chevauchement et le Crétacé de la nappe A ne pénètre pas, d'après moi, sous les gneiss de la région de Montaillou.

Mais déja avec la coupe 2, toutes les nappes reparaissent en superposition, Z, A, B, C ; elles continuent à être figurées de même sur les coupes 3 et 4. J'examinerai ces trois coupes ensemble en laissant de coté pour l'instant ce qui concerne le pic de l'Aspre et le val de Pradières.

Et tout d'abord je rappellerai que la *superposition effective* des différentes nappes

ne se voit pas, qu'elle est seulement déduite de l'allure des couches au front nord et à l'extrémité sud de l'emplacement occupé actuellement par ces prétendues nappes. Du coté septentrional, le massif primaire du Saint-Barthélemy est bordé depuis Montségur jusqu'à Saint-Paulet par une bande, renversée au Nord, de terrains secondaires comprenant du Sud au Nord le Trias, le Lias, l'Aptien, l'Albien, le Cénomanien, le Turonien et enfin le Sénonien qui occupe le fond du grand synclinal de Leichert. Les différentes assises s'y montrent donc EN SUCCESSION RÉGULIÈRE ; certaines de ces assises peuvent manquer momentanément par étirement, mais sans que l'ordre de succession soit interverti pour cela. Quant au faciès de ces différentes couches, c'est celui qui se retrouve dans toute la région septentrionale de la feuille de Foix. Enfin, comme toujours, l'inclinaison figurée est beaucoup trop faible : elle est toujours supérieure à 45° et généralement beaucoup plus accentuée (50° à Celles, 60° à Gabachou, etc.).

Quelles peuvent donc être les raisons qui ont poussé M. Léon Bertrand à sectionner cette succession régulière en quatre nappes distinctes ? Il m'est impossible de le dire, car je ne trouve aucun argument dans son texte ; rien qu'une affirmation contre laquelle je proteste. Il n'y a là qu'un pli couché avec renversement au Nord, mais aucun charriage.

Je passe aux bords méridionaux des nappes. M. Léon Bertrand déclare que la superposition des gneiss du Saint-Barthélemy (nappe C) aux calcaires marmoréens de la nappe B se poursuit sur toute la longueur de leur contact depuis Caussou jusqu'à Arnave : « dans tout ce long trajet de près de 20 kilomètres, les calcaires marmorisés.... plongent constamment au N.N.E. et s'enfoncent manifestement sous les gneiss situés plus au Nord et qui montrent le même plongement ».

Or sur cette longueur de vingt kilomètres, il y en a treize qui sont occupés par l'ancienne vallée de l'Ariège laquelle passe précisément entre les calcaires secondaires et le massif primaire : le contact est complètement voilé par une énorme accumulation de débris glaciaires ou fluvio-glaciaires. ON NE PEUT ABSOLUMENT RIEN VOIR.

Les sept kilomètres où le contact n'est pas complètement caché, se trouvent aux extrémités de la ligne. Du côté de Caussou, le calcaire marmoréen ne plonge nullement sous les gneiss ; quant aux couches noires schisteuses « qui s'enfoncent manifestement sous les couches gneissiques de l'extrémité orientale du massif de Saint-Barthélemy » (*Op. cit.* p. 104), elles sont primaires et non crétacées. A l'autre extrémité, vers Arnave, le Primaire et le Secondaire viennent à nouveau en contact, mais le calcaire aptien formant une muraille à pic, occupe les sommets (Lujat et autres) alors que les fonds de Cazenave sont remplis par le Primaire, avec une différence de niveau de 500 mètres environ : si réellement le contact est incliné au Nord, — ce que je ne crois pas —, *il est certainement en tous cas, presque vertical* et non pas tel que le figure M. Léon Bertrand, et tel qu'il est obligé de le figurer sous peine de voir crouler toute sa théorie.

M. Léon Bertrand s'appuie sur l'autorité de Mussy et dit que ce géologue avait

déjà indiqué le plongement du Secondaire sous le Primaire entre Caussou et Cazenave. Or voici les termes mêmes employés par Mussy [1] :

« Le calcaire de Solombrié.... est stratifié en grands bancs presque verticaux, plongeant de 70° à 75° au Nord sous les roches primitives de Tabes [Saint-Barthélemy]; sur toute la lisière du contact qui s'étend par Arnave, Cazenave, le col de Sourdeing, les sédiments liasiques [2], presque verticaux.... paraissent plonger un peu au Nord sous les crêtes primitives. » Ainsi, à deux reprises, il déclare que les sédiments secondaires sont *presque verticaux;* c'est exactement ce que je dis moi-même. Et s'il ajoute qu'ils *paraissent* plonger *un peu* sous le Primaire, je ne vois pas que la forme dubitative de sa phrase avec l'adjonction des mots *un peu* donne un grand appui à la théorie des nappes presque horizontales.

Si d'ailleurs certaines parties du massif calcaire de Souloumbrié paraissent inclinées au N. E., l'extrémité de ce massif auprès de Cazenave présente un pendage inverse, comme le démontre l'existence d'un petit affleurement de dolomies jurassiques que j'ai découvert au milieu des bois et qui se trouve marqué sur ma carte [3]; il est supprimé sur celles de M. Léon Bertrand.

Auprès d'Arnave, se voit un affleurement triasique assez important et ne venant aucunement en contact avec les calcaires aptiens [4] : il occupe un petit synclinal particulier. On peut se demander si, à la différence des couches secondaires étudiées ci-dessus, ce Trias au moins ne pénètre pas sous le massif du Saint-Barthélemy : il est aisé de se convaincre qu'il n'en est rien, soit par l'examen de la surface, soit par celui des carrières. Le gypse contenu dans ce Trias est en effet très activement exploité et s'il pénétrait sous les gneiss, les carriers n'hésiteraient pas à aller chercher jusque-là une matière dont la vente est assurée. Or aucune galerie ne pénètre sous les roches cristallines. Autant qu'on peut en juger avec une roche dans laquelle la stratification est difficilement discernable, le gypse d'Arnave est incliné de 60° Sud-Sud-Ouest, c'est-à-dire en sens inverse de ce qui serait nécessaire pour le faire pénétrer sous le massif du Saint-Barthélemy.

Du reste l'allure rectiligne du contact du Primaire et du Secondaire entre Arnave et Caussou serait tout à fait inexplicable, si le plan de contact n'était pas vertical ou extrêmement voisin de la verticale. Cette allure rectiligne est bien invraisemblable pour l'extrémité postérieure d'une lame de charriage qui, de plus, n'a pas laissé le plus petit témoin de son passage sur la crête calcaire qu'elle aurait dû franchir.

Enfin, avant de quitter le massif du Saint-Barthélemy, je dois dire que je *conteste absolument* l'existence, à l'Est de ce massif, *d'une bande jurassique dirigée Nord-Sud* et séparée de l'ensemble des couches crétacées et jurassiques du massif de l'Affrau par une faille également Nord-Sud. C'est en représentant sur

1. Carte géologique et minéralurgique de l'Ariège. Texte explicatif, p. 126.

2. Il entend par là tout l'ensemble des sédiments secondaires reconnus maintenant comme étant surtout du Crétacé inférieur.

3. *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXIII.

4. Contrairement à ce qui est figuré sur les différentes cartes de M. Léon Bertrand.

les cartes et les coupes des inexactitudes comme celles-là, que l'on arrive à rendre vraisemblables des interprétations inacceptables.

De Caussou à Verdun, le plan de charriage, base de la nappe B, passerait entre le Primaire de la zone centrale et la bande de calcaire secondaire; or le contact de ces deux masses minérales est *absolument vertical*, comme cela est surtout bien visible dans le ravin qui descend de Caichax.

Région de Tarascon-sur-Ariège. — Avec les coupes 3 et 4 (*Op. cit.*, pl. V), nous avons pénétré dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège qui est encore traversé par les coupes 5 et 6 et représenté sur les cartes (*Op. cit.*, fig. 29 et 30, p. 106 et 107). J'ai déjà beaucoup écrit sur cette région [1] dans laquelle j'ai fait connaître, soit seul, soit en collaboration avec M. Léon Bertrand, de nombreux chevauchements et même des charriages; c'est une des régions où je reconnais l'existence de mouvements d'une certaine amplitude. Mais je ne puis admettre : 1° que ces charriages aient dépassé au Nord les limites actuelles des affleurements secondaires du bassin de Tarascon; 2° qu'il existe quatre nappes superposées.

Voyons d'abord le premier point.

Si les couches secondaires du bassin de Tarascon pénétraient, comme le veut M. Léon Bertrand, sous le Primaire situé au Nord (massif de l'Arize de Léon Bertrand), le contact devrait être incliné vers le Nord. Or ce contact, toutes les fois qu'il est visible, est *vertical ou incliné au Sud* [2]; on peut s'en assurer en particulier directement au Nord de Saurat. L'allure rectiligne de la ligne de contact sur la carte géologique, montre que ce n'est pas une illusion : si le Secondaire s'enfonçait sous le Primaire, les contours les séparant de ce dernier devraient se courber vers le Nord dans les dépressions. Non seulement il n'en est rien, mais à la traversée de la plus profonde d'entre elles, la vallée de l'Ariège, *le contact fait une pointe vers le Sud* et non pas vers le Nord (voir *Op. cit.*, pl. II) d'après l'interprétation de M. Léon Bertrand lui-même.

En outre il existe auprès de Saurat [3] contre le massif primaire une série de petits lambeaux discontinus, disloqués, composés de morceaux de terrains divers : Lias, dolomie jurassique, Aptien, reposant tous sur les schistes albiens. Il est facile, *pour quiconque est un peu familier avec les questions de tectonique* [4], de reconnaître là les caractères habituels d'un front de charriage : la nappe est venue en ce point buter contre un massif résistant qui l'a arrêtée dans sa course. Au contraire l'allure de ces lambeaux serait inexplicable dans l'hypothèse où ils feraient partie du substratum sur lequel aurait passé le massif charrié de l'Arize.

Je passe aux nappes superposées.

La plus ancienne (nappe Z) se montrerait dans la « fenêtre » de Rabat. Cette fenêtre ferait apparaître par dénudation un ensemble de couches comprenant de

1. Voir notamment t. IV de la *Géologie des Pyrénées françaises*.

2. *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXI.

3. Voir ma carte géologique des environs de Tarascon *in La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXIII. — Ces petits lambeaux ne sont pas exactement représentés sur les cartes de M. Léon Bertrand.

4. *Op. cit.*, p. 56. Cette phrase ou une autre analogue est fréquemment employée par M. Léon Bertrand : il n'est pas le seul à être *familier avec les questions de tectonique !*

l'Aptien, de l'Albien, du calcaire cénomanien et des grès du Crétacé supérieur ; elle s'étendrait à l'Est jusqu'à la gare de Tarascon. J'aurais compris à la rigueur que l'on cherchât à expliquer par des mouvements orogéniques l'existence à Saurat des couches du Crétacé supérieur dont la présence en cette région est un peu aberrante. Mais M. Léon Bertrand englobe dans sa nappe A, non seulement ce Crétacé supérieur, mais aussi de l'Albien et de l'Aptien ; c'est pour moi un sujet de prodigieux étonnement. En effet ces couches aptiennes et albiennes de Rabat *ne diffèrent en rien de celles qui leur font face sur la rive droite de l'Ariège; leur direction est identique,* comme le montre l'anticlinal aptien qui va de Banat à la gare de Tarascon et se continue de l'autre côté de l'Ariège par l'anticlinal de la montagne de la Bessède. Ce dernier est sur le prolongement absolu du premier, et séparé seulement par les alluvions de l'Ariège.

M. Léon Bertrand ne conteste pas que l'axe des deux anticlinaux soit le même, mais cela ne l'empêche pas de classer les couches de la rive droite dans la nappe A, et celles de la rive gauche dans la nappe Z [1]. Est-ce au moins parce qu'il a vu une surface de discontinuité bien apparente ? Nullement, car c'est dans *l'alluvion de l'Ariège qu'il fait passer sa ligne de contact anormal.*

Dans de pareilles conditions, il m'est tout à fait impossible d'admettre la séparation des nappes Z et A.

Quant à la ligne qui séparerait les nappes A et B, elle existe bien dans certains points, mais elle n'a pas la continuité que lui donne M. Léon Bertrand. La ligne qu'il a tracée se compose de tronçons réels, reliés entre eux par des parties inexistantes. C'est ainsi qu'elle coupe auprès de Verdun la bande de calcaire aptien dont la CONTINUITÉ EST ABSOLUMENT ÉVIDENTE ; elle a été dernièrement rendue encore plus certaine par les travaux de la route qui monte de Verdun à Senconac. C'est ainsi encore que cette ligne *traverse obliquement les bandes si régulières* du Jurassique et du Crétacé inférieur entre Génat et Gourbit pour en classer une partie dans la nappe A et une autre dans la nappe B !

Je ne puis donc pas plus admettre dans le bassin de Tarascon, la nappe B que les nappes précédentes : la surface de discontinuité qui lui servirait de base est constituée par plusieurs lignes de chevauchement distinctes réunies à tort et arbitrairement par M. Léon Bertrand.

Reste la nappe C exclusivement composée par les terrains primaires du massif de l'Arize, c'est-à-dire situés au Nord du Secondaire de Tarascon. J'ai déja montré ci-dessus que non seulement il n'y avait pas de preuves que le massif de l'Arize reposât sur des couches plus récentes, mais qu'il y avait IMPOSSIBILITÉ ABSOLUE de faire passer le Secondaire au-dessous du Primaire. Cela n'empêche pas M. Léon Bertrand de dire que la terminaison « *en biseau et sans trace de déviation au contact* » [2], des couches secondaires de Saurat est

1. Je lis (*Op. cit.*, p. 109) à propos de l'anticlinal de Banat : « anticlinal de même axe que celui de la Bessède et qui apparaît par suite comme un repli commun à la nappe A et à son substratum ». Ainsi dans la pensée de l'auteur, la formation de l'anticlinal en question serait postérieure à la mise en place des nappes, ce qui paraît bien étrange pour un pli aussi accentué que celui de la montagne de la Bessède.

2. *Op. cit.*, p. 115.

tout à fait en faveur d'un enfouissement des nappes A et B, par dessous les terrains primaires qui suivent au Nord et qui appartiennent à la nappe C. « Vers la terminaison occidentale du bassin secondaire de Saurat, nous retrouvons donc..... un chevauchement direct de la nappe C sur la nappe A et même peut-être sur le substratum de celle-ci » (*Op. cit.*, p. 115).

C'est la conclusion inverse de celle que j'ai tirée de l'examen des mêmes lieux (voir ci-dessus, p. 69).

Avant de quitter le bassin de Tarascon, je signalerai la manière inexacte dont est représentée la montagne de Sédour sur la figure 5 (*Op. cit.*, pl. V). M. Léon Bertrand a, *par extraordinaire*, dessiné comme *vertical* le contact de la dolomie jurassique et du calcaire aptien d'une part, avec les schistes albiens de l'autre ; or précisément ce contact est *presque horizontal*, comme le prouve sans hésitation possible une galerie creusée sous la montagne pour l'extraction du gypse triasique [1]. Je persiste en outre à dire que la masse charriée de la montagne de Sédour affecte une allure anticlinale, malgré la critique de M. Léon Bertrand (*Op. cit.*, p. 114-115). Je n'ai pas l'habitude, moi, de me contenter d'examiner les montagnes *de loin* et *en grand*, et ce n'est pas d'après ce que j'ai pu voir du premier tournant de la route de Tarascon à Foix que j'ai attribué l'allure anticlinale à la montagne de Sédour. C'est à la suite d'une exploration minutieuse des flancs de cette montagne que j'ai découvert, sur la paroi méridionale, des lambeaux verticaux de calcaire aptien en contact avec la dolomie jurassique : celle-ci est donc comprise entre deux bandes de calcaire aptien, celle du versant méridional étant discontinue.

La nappe C à l'Ouest de Saurat. — Avançons un peu plus vers l'Ouest dans la direction de Massat par le col de Port (fig. 7, 8 et 9, *Op. cit.*). Les terrains secondaires cessent à une petite distance de Saurat et alors les terrains cristallins occupent toute la surface avec une uniformité complète et sans aucun indice d'accident. Néanmoins M. Léon Bertrand ne craint pas de faire passer sa ligne de chevauchement de la nappe C sur la nappe B *au milieu de cette masse minérale uniforme :* « Les deux flancs de la vallée qui descend du col de Port jusqu'au dernier hameau d'Usclade, ne montrent que des gneiss et des granites assez semblables, mais que la continuité tectonique me fait pourtant attribuer à deux nappes différentes. Ceux du Nord appartiendraient à la nappe C (massif de l'Arize), ceux du Sud à la nappe B (massif des Trois Seigneurs) » (*Op. cit.*, p. 116). Qu'est-ce cette « *continuité tectonique* » qui n'est basée ni sur la nature des assises, ni sur un contact anormal visible ? En quoi donc consiste-t-elle et comment peut-elle être reconnue ?

L'opinion de M. Léon Bertrand se fonde probablement sur la présence d'une bande discontinue (une *lame* d'après lui) de terrains secondaires qui commence au col de Port pour se continuer dans la direction de Massat. Mais je serais bien aise de savoir où il a vu que cette bande secondaire « s'enfonce manifestement

1. Il existe, en effet, sur le flanc méridional de la montagne de Sédour, une lame de Trias entre l'Albien et les couches plus anciennes qui le surmontent. Ce Trias n'est pas marqué sur les cartes et coupes de M. Léon Bertrand.

sous le massif primaire de l'Arize »? C'est une simple affirmation *qui ne repose sur aucune coupe :* entre Saurat et Massat, *il n'y en a pas de visible.* Au delà au contraire, on peut constater que la bande secondaire, continuation de celle du col de Port est *verticale* à Biert, Aleu, Soueix et *renversée avec inclinaison au Sud* à l'Ouest de ce dernier village. C'est L'INVERSE DE CE QUI EST FIGURÉ SUR LES COUPES de M. Léon Bertrand, et si l'on rétablit l'allure réelle des couches, on aboutit à l'impossibilité absolue d'admettre la superposition du massif de l'Arize (nappe C) sur celui des Trois Seigneurs (nappe B).

Examinons maintenant la limite septentrionale de la nappe C dans cette moitié occidentale de la feuille de Foix. La ligne qui la séparerait de la nappe A (la nappe B n'arrivant pas jusque-là) est entre Saint-Martin de Caralp et la vallée du Salat, *une ligne sensiblement droite,* ce qui n'est guère compatible avec l'hypothèse que le massif limité par cette ligne est un massif charrié. Cette limite indique nécessairement en effet un *contact vertical* : on peut voir ce que M. Léon Bertrand a figuré sur ces coupes 6 à 9.

En outre la nappe A de l'auteur est formée exclusivement, dans cette partie, de terrains secondaires, dont les différentes assises, inclinées de 50° au moins *vers le Nord,* se suivent régulièrement du Sud au Nord, en *bandes parallèles à la limite de la prétendue nappe C.* Celle-ci est en contact sur toute la longueur considérée avec un même terrain, le Trias. Mais il y a plus : arrivées à l'extrémité occidentale du massif primaire, les assises secondaires quittent la direction Est-Ouest qu'elles suivaient depuis si longtemps pour se porter au Sud et contourner le massif primaire en conservant leur ordre de succession régulier : c'est toujours le Trias qui est en contact avec le Primaire.

Voilà une série de caractères qui, pour *quiconque est tant soit peu familier avec les questions de tectonique,* ne sont aucunement compatibles avec l'existence de nappes de charriage.

C'est à peine si j'ai besoin d'ajouter que la *superposition du bord frontal de la prétendue nappe C sur la nappe A n'existe nulle part* et que le contact des deux séries de couches se fait par un *plan vertical incontestable* : c'est la conséquence nécessaire des tracés sur la carte géologique et des explications que je viens de donner.

En conséquence, tous les arguments mis en avant pour soutenir l'existence de la nappe C dans cette région — ils sont d'ailleurs peu nombreux —, tombent l'un après l'autre et j'affirme sans hésitation que le massif primaire de l'Arize ou de Riverenert est un massif enraciné.

Bord frontal des nappes A et Z à l'Ouest de Baulou. — La superposition de la nappe A sur la nappe Z et de cette dernière sur les terrains sous-pyrénéens est tout aussi inexacte. Les failles qui séparent ces deux séries existent bien comme je les ai tracées sur les cartes géologiques [1], mais *elles sont verticales et sans chevauchements.* La seule exception se montre pour la plus septentrionale,

1. Voir les cartes géologiques à 1/80 000, feuilles de Pamiers et de Saint-Gaudens.

aux environs de Camarade : on constate là un chevauchement vers le Nord très localisé et s'avançant de deux kilomètres au maximum.

A l'Est comme à l'Ouest, la faille est partout verticale et rectiligne et rien n'autorise à penser qu'elle modifie son inclinaison en profondeur. A l'affleurement en tous cas, les figurés de M. Léon Bertrand sont inexacts.

Contact des nappes A et B sur les coupes 6 et 8 (*Op. cit.*, pl. V). J'ai déjà montré ce qu'il fallait penser de l'enfouissement de la nappe B sous la nappe C; il me reste à faire voir que la distinction des nappes A et B n'est pas plus justifiée ; elles ne sont d'ailleurs représentées en superposition aux affleurements que dans les coupes 6 et 8 pour la région qui nous occupe actuellement.

Pour la première de ces coupes, j'affirme que le gneiss du massif des Trois-Seigneurs ne passe pas au-dessus du Jurassique : le contact est presque vertical avec très légère inclinaison du côté du Jurassique. Le figuré de M. Léon Bertrand est absolument controuvé.

En ce qui concerne la coupe 8, je ne puis mieux faire que de citer le texte de M. Léon Bertrand lui-même : « Sur le territoire de Boussenac, les deux bandes primaires sont représentées par le Gothlandien et leur distinction y devient impossible à faire autrement que par la lame secondaire intercalée » (*Op. cit.*, p. 123). Ainsi le plan séparant les nappes A et B passerait au milieu d'une masse primaire uniforme, avec cette aggravation que l'assise primaire en ce point est le Gothlandien, terrain d'une faible puissance et dont les affleurements sont fort rares dans les parties d'où les charriages pourraient provenir. Ce serait véritablement bien étrange que l'affleurement restreint de Gothlandien des environs de Biert appartînt à deux nappes distinctes. Si l'on ajoute que la ligne de contact anormal est purement fictive, on conviendra qu'il faut un bien grand désir de découvrir des nappes de charriage pour en distinguer en ce point.

Je ferai remarquer que les calcaires secondaires attribués par M. Léon Bertrand à sa nappe B dans cette partie, ne sont pas fortement métamorphisés, comme ils devraient l'être par définition.

Limite méridionale de la nappe B de Larnat à la vallée du Salat. — Si la superposition des différentes nappes n'est pas admissible dans les zones que nous venons d'étudier, l'existence de la nappe B peut-elle être démontrée sur son bord méridional? C'est ce que nous allons examiner maintenant.

La limite méridionale actuelle de cette nappe B est formée de calcaires secondaires qui sont, selon M. Léon Bertrand, en contact direct avec le Primaire de la zone centrale sous lequel *ils plongent au Sud*, suivant un plan qui peut atteindre une inclinaison de 45°. Toute personne qui observera ces coupes y verra un chevauchement vers le Nord de ce que l'auteur appelle « zone primaire centrale » sur ce qu'il désigne comme la nappe B : M. Léon Bertrand reconnaît que ce contact présente, en effet, *l'apparence* d'un chevauchement vers le Nord, mais ce serait une illusion parce qu'il existe au port de Saleix une petite bande de gneiss entre le granite et les calcaires secondaires. Or le granite étant carbo-

nifère (?), ne peut se trouver en contact régulier avec des gneiss. L'argument est faible : c'est pourtant le seul qui soit mis en avant pour contredire *l'apparence* du chevauchement vers le Nord. Il est d'autant plus faible que pour trouver des gneiss au Sud, il faut aller fort loin, jusqu'au pic d'Estax, sur le versant espagnol, et nous savons que lorsque M. Léon Bertrand s'aventure à dire quelques mots de l'origine de ses nappes charriées, c'est pour déclarer qu'elles viennent d'une très petite distance. Il y a là une contradiction évidente.

Pour toutes ces raisons, je considère la nappe B comme inexistante sur son bord méridional, c'est-à-dire comme ne devant pas être séparée de la zone primaire centrale.

On ne trouve donc pas plus de preuves au Sud qu'au Nord, de l'existence de la nappe B, et la conclusion nécessaire de la discussion qui précède est que cette nappe n'existe pas.

Coupes 10 et 11 de la planche V (*Op. cit.*). — Je n'ai pas parlé jusqu'à présent des coupes 10 et 11 parce qu'il est impossible de les reconnaître sur le terrain. Une coupe qui passerait par Lacourt et le Mont Rouch, traverserait au Sud de Lacourt, d'après les cartes de M. Léon Bertrand lui-même, non pas des terrains secondaires, mais des terrains cristallins ; il est impossible de savoir ce que l'auteur a voulu représenter. Mais je déclare qu'en aucun point on ne voit la superposition du Primaire sur le Secondaire, comme elle est figurée au Nord de Lacourt, ni surtout *le petit lambeau isolé de gneiss* au Sud de ce même village, lambeau qui serait un fragment de la nappe C sur les marnes albiennes. Il est curieux que ce petit lambeau, si suggestif, soit dessiné précisément sur une coupe où le manque de repères rend toute discussion impossible. Quant à la coupe 11, elle montre comme faisant partie de la nappe B au Sud d'Aubert, une crête de dolomie jurassique qui n'est autre chose que la partie renversée d'un pli couché dont le flanc normal ferait partie de la nappe A ! Or si au point même où passe la coupe, il y a un léger chevauchement, à quelques kilomètres au S. E., les terrains manquants reparaissent et le pli couché est régulier et sans lacune [1]. *Il est absolument impossible de considérer l'un des flancs du pli comme étant en place et l'autre comme faisant partie d'une nappe charriée.*

C'est d'ailleurs cette même bande de terrains secondaires qui, très étirée, se poursuit par les coupes 10, 9, 8 et 7, marquant, pour M. Léon Bertrand, la partie supérieure de la nappe B ; comme elle est en place vers Alos, elle est forcément aussi en place sur toute la longueur de ses affleurements.

La limite méridionale de la nappe sur cette même coupe se trouverait au milieu des roches cristallines, c'est-à-dire invisible.

Quant à la partie septentrionale de la coupe 11, montrant au Nord de Taurignan-Vieux, le Jurassique et le Crétacé inférieur en couches horizontales reposant sur le Cénomanien, elle est tellement fantaisiste qu'il vaut mieux n'en pas parler.

1. *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. III, p. 1809 et pl. XVIII.

Fenêtre d'Oust-Massat. — Les terrains crétacés supérieurs de cette région occuperaient, d'après M. Léon Bertrand, une « fenêtre » faisant suite à celle de Saurat, dont elle différerait pourtant parce qu'elle ne contiendrait que du Crétacé supérieur.

Le Crétacé d'Oust-Massat ne forme pas un synclinal pour M. Léon Bertrand, car il disparaît aux deux extrémités occidentale et orientale sous le Primaire de la nappe B, sans le moindre doute, d'après lui ; de plus en faisant le tour de l'affleurement, il aurait constaté en bien des points l'enfoncement des grès sous les terrains primaires. Il est vrai qu'il a reconnu en d'autres points un plongement en sens inverse, mais suivant sa méthode habituelle, il ne tient pas compte des faits qui seraient contraires à sa théorie.

Je me trouve ici, à un certain point de vue, dans une situation moins favorable pour combattre les idées de notre confrère, que dans la plupart des cas précédents : en effet le Crétacé d'Oust-Massat occupe incontestablement dans l'ensemble une partie déprimée. Un des arguments que j'ai souvent fait valoir dans les pages qui précèdent, la situation topographique, me fait ici défaut pour soutenir que le Crétacé supérieur repose sur le Primaire : les autres seront plus que suffisants pour suppléer à l'absence du premier.

Si nous suivons sur la carte de M. Léon Bertrand (*Op. cit.*, pl. IV), la limite méridionale de l'affleurement crétacé, nous voyons que de Seix à Massat, elle présente quelques ondulations, assez peu accentuées d'ailleurs. Si le Crétacé s'enfonçait au Sud sous le Primaire, conformément à la théorie que je combats, surtout avec la faible inclinaison donnée au contact, les ondulations vers le Sud devraient se montrer dans les parties basses, les pointes vers le Nord dans les parties élevées. *Or c'est précisément le contraire qui a lieu* : les deux principales avancées vers le Sud se trouvent, l'une à la *crête* entre le Salat et le Garbet, l'autre à la *crête* entre Campfaba et Sarraillé, tandis que les pointes vers le Nord sont dans le fond de deux vallons [1]. Enfin la traversée des deux grandes vallées du Salat et du Garbet se fait *sans aucune déviation de la ligne de contact*, ce qui est impossible à expliquer dans l'hypothèse de M. Léon Bertrand.

Je conclus donc de l'inspection de la carte géologique, *que le contact méridional du Crétacé supérieur d'Oust-Massat se fait suivant un plan sensiblement vertical, ce qui doit faire rejeter sans hésitation l'idée de la pénétration du Secondaire sous le Primaire dans la direction du Sud.*

Je pourrais répéter les mêmes arguments pour la partie du contact septentrional comprise entre Rogalle et Aleu : notamment la traversée de la vallée du Salat et des deux autres vallées non dénommées qui existent dans ce parcours se fait *sans aucune déviation de la ligne de contact*. Il en est de même à la traversée de l'Arac près de Massat et de la rivière qui descend à Biert.

Entre Aleu et la rivière qui descend à Biert seulement, le contour entre le Primaire et le Secondaire est sinueux, quoique beaucoup moins que ne l'a figuré

1. Les rivières qui suivent ces vallons n'ont pas de nom sur la carte topographique ; ce sont celles qui se portent vers Biert et vers Aleu.

M. Léon Bertrand sur sa carte ; aussi peut-il y avoir là un léger chevauchement, tout local, du Primaire sur le Crétacé, mais c'est un chevauchement *vers le Sud* et d'un kilomètre au maximum. Le Primaire qui constitue cette avancée est en effet du Gothlandien, et ce terrain n'existe pas plus au Sud, où tout est granite et gneiss sur une grande distance.

Je n'ai pas encore parlé du sens de l'inclinaison des couches crétacées, d'abord parce que je considère que dans des parties aussi tourmentées, la direction de l'inclinaison n'a que fort peu d'importance, car elle se modifie à chaque instant, et surtout parce que M. Léon Bertrand a pris soin d'exposer longuement une théorie qui rend inutile la constatation de l'inclinaison des couches. Il déclare en effet que si le Crétacé plonge vers le Primaire, c'est la preuve incontestable de l'existence du charriage, tandis que s'il est incliné en sens inverse, ce n'est nullement une raison pour que le charriage ne soit pas possible.

Il serait facile de réfuter cette théorie et de montrer, par exemple, que dans une région où l'on ne peut pas savoir si les couches sont en situation normale ou renversée, — et c'est le cas pour le Crétacé d'Oust-Massat, — le plongement vers une autre série de couches ne prouve nullement un charriage et s'explique par un simple renversement sur place. Mais le mieux est de n'attacher aucune importance à l'inclinaison des assises dans un cas comme celui-ci et de s'occuper uniquement des superpositions visibles.

D'ailleurs si les inclinaisons du Crétacé d'Oust-Massat, reconnues par M. Léon Bertrand ou par moi, sont très variables, elles sont pourtant le plus souvent dirigées vers l'axe de l'affleurement (Aleu, 45° Sud ; Sud de Biert, 50° Sud).

Quant à la superposition directe du Crétacé supérieur sur les schistes siluriens ou sur les roches cristallines, elle se voit nettement en plusieurs points de la nouvelle route d'Oust à Massat, non loin de cette dernière ville. On la constate encore sur le granite de Biert, sur celui de Soueix, à l'Est de Massat, sur le tronçon de la même route d'Oust à Massat, du côté d'Oust, etc..

J'ajouterai que le Crétacé ne se montre pas dans le fond de la vallée de l'Arac qui passe à une très faible distance au Nord des affleurements crétacés et à trois ou quatre cents mètres plus bas. Pour que le Crétacé d'Oust pût passer sous le massif de l'Arize, il faudrait que la ligne de contact fut inclinée *au minimum* de 45°, ce qui rend tout à fait invraisemblable l'allure presque horizontale que lui a donnée M. Léon Bertrand.

En résumé, l'allure des contours sur la carte et l'observation directe des affleurements démontrent avec certitude que sur la limite méridionale et sur les deux tiers de sa bordure septentrionale, le Crétacé supérieur d'Oust-Massat ne pénètre pas sous le Primaire et repose au contraire fréquemment sur lui. Entre Aleu et Biert existe un léger chevauchement *vers le Sud* du Primaire sur le Crétacé, sans que cet accident de faible amplitude puisse en rien faire croîre à la pénétration du Crétacé supérieur sous le massif de l'Arize. Le Crétacé supérieur n'apparaît nulle part dans la profonde vallée de l'Arac.

J'ajouterai encore que de Soueix à Rogalle existe une bande de granite avec laquelle le Crétacé supérieur est en contact *par un conglomérat à gros éléments*

de granite, empâtés par des marnes crétacées. Le Crétacé supérieur s'est déposé sur le granite et ne passe pas au-dessous [1].

Pech de Foix et Pech Saint-Sauveur. — Il nous faut maintenant revenir en arrière pour examiner la partie septentrionale des coupes 2 à 5 (*Op. cit.*, pl. V) laissée de côté dans les études précédentes.

Les Pechs de Saint-Sauveur et de Foix, avec leur prolongement vers l'Est jusqu'au delà de Péreille, sont constitués par deux anticlinaux séparés par une faille verticale et composés de tous les terrains compris entre le Lias et le Cénomanien. Cet ensemble est limité au Nord et au Sud par des failles qui le séparent de deux zones déprimées occupées par le Crétacé supérieur [2].

Nous pénétrons ici dans une région qui a été très étudiée, spécialement par Hébert, Pouech, de Lacvivier, Roussel, qui tous en ont donné de nombreuses coupes, sur quelques-unes desquelles je m'appuierai à l'occasion.

Le Pech Saint-Sauveur et le Pech de Foix ont été de tout temps considérés comme constitués par un anticlinal enraciné typique, dont le flanc septentrional s'incline au Nord, le flanc méridional au Sud ; son axe est occupé par le Trias, sur lequel reposent régulièrement toutes les couches liasiques, jurassiques, crétacées inférieures connues dans la région.

C'est ainsi que l'ont interprété tous les géologues [3] — et ils sont nombreux — qui ont étudié ou seulement visité les environs de Foix. L'accès de cette coupe est en effet des plus faciles, puisque la gare même de Foix figure sur la photographie que j'ai donnée de la montagne Saint-Sauveur [4]. Mais M. Léon Bertrand est d'un avis différent : le Pech de Foix est un synclinal et fait partie d'une nappe charriée ! [5] Voici en effet ce qu'il écrit à la page 128 de son ouvrage : « Quant à la nappe A, elle est seulement conservée en un témoin synclinal (quoique affecté d'anticlinaux secondaires) dans le chaînon du Pech de Foix et du Pic de l'Aspre ». Il ne donne d'ailleurs pas de plus amples explications, aussi n'insisterai-je pas pour démontrer l'évidence : le Pech de Foix est un anticlinal typique, ainsi que ses prolongements le Pech Saint-Sauveur et le Pic de l'Aspre.

Mais il importe d'examiner l'autre partie de l'affirmation de M. Léon Bertrand pour qui ces montagnes sont composées de deux nappes (Z et A) surmontant les terrains sous-pyrénéens.

La discussion portera d'ailleurs exclusivement sur les figures, le texte étant extrêmement laconique sur ce sujet ; elle sera même très difficile, les figures ne

1. M. Léon Bertrand a reconnu le fait pour le pointement de Soueix seulement : le dépôt du Crétacé sur le granite est aussi vrai pour toute la bande.

2. Voir *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXIV (Carte géologique à 1/80000) et pl. XIX-XX (coupes générales).

3. Voir notamment : Leymerie, *B. S. G. F.*, (2), t. XX, pl. V ; Hébert, *B. S. G. F.*, (2), t. XXIV, p. 353, (3), t. X, p. 524 et 605 ; de Lacvivier, *B. S. G. F.*, (3), t. X, p. 542, et Études géologiques sur le département de l'Ariège, pl. I ; Pouech, *B. S. G. F.*, (3), t. XII, p. 766 ; Roussel, *B. S. G. F.*, (3), t. XV, pl. XXI, et *Bull. Carte géol. de France*, t. V, pl. I ; Mussy, Carte géol. et minéralurgique du département de l'Ariège, pl. III et VII.

4. *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXVI.

5. Dans le *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France* du 7 novembre 1910, M. Léon Bertrand a déclaré qu'il ne savait pas pourquoi je lui avais attribué l'idée que le pech Saint-Sauveur était un synclinal. La réponse est dans la citation textuelle ci-dessus.

faisant nullement connaître les raisons qui ont entraîné la conviction de M. Léon Bertrand [1].

En partant de l'Est (fig. 2 de la pl. V), on voit le Jurassique et le Crétacé inférieur de Péreille surgir en anticlinal au milieu du Crétacé supérieur et de l'Eocène. Cette manière de voir, qui est aussi la mienne, a été imposée à M. Léon Bertrand par l'enfoncement indiscutable des terrains jurassiques et crétacés sous la carapace de calcaire éocène qui s'incline vers la plaine de Lavelanet.

Mais avec la coupe 3, l'accord cesse complètement. Alors qu'il y a une *continuité géologique et tectonique* évidente entre les couches de Péreille et celles qui constituent la partie septentrionale de la montagne jusqu'au delà de Lherm, M. Léon Bertrand n'hésite pas à couper en deux cet ensemble par une ligne de contact anormal *que rien, absolument rien, n'explique ou ne justifie.* Cette coupe par le Pic de l'Aspre est complètement inexacte : la limite septentrionale du massif jurassique et crétacé inférieur (nappe A de M. Léon Bertrand) est marquée par une faille VERTICALE au Nord de laquelle vient le Sénonien suivi régulièrement des diverses assises garumniennes et éocènes, le tout VERTICAL ET NE POUVANT AUCUNEMENT PASSER SOUS LE MASSIF JURASSIQUE ET CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

La coupe 4 par le val de Pradières est encore plus audacieuse : elle a été donnée si souvent qu'elle est en quelque sorte classique, et tous les géologues [2] s'accordent pour tracer VERTICALEMENT le contact PAR SUCCESSION RÉGULIÈRE de l'Aptien, de l'Albien et du Cénomanien sur le flanc méridional du val de Pradières. M. Léon Bertrand supprime l'Albien [3] et figure entre l'Aptien et le Cénomanien un *contact anormal quasi horizontal.* Comment discuter devant un pareil mépris des faits les plus incontestablement établis ?

La barre de calcaire aptien qui borde au Sud la combe de Pradières se continue à l'Ouest, traverse l'Ariège, TOUJOURS VERTICALE ET SANS AUCUNE DÉVIATION et se termine seulement à quatre kilomètres plus loin [4]. Est-ce là l'allure de la base d'une nappe de charriage, surtout à la traversée d'une profonde vallée comme celle de l'Ariège ?

Mêmes observations pour la coupe 5. Le contact de l'Aptien avec le Cénomanien et celui du Cénomanien avec le Sénonien sont l'un et l'autre presque verticaux, avec légère inclinaison au Nord, tandis qu'ils sont figurés par M. Léon Bertrand comme étant presque horizontaux et inclinés au Sud !

1. Dans la séance du 7 novembre 1910, M. Léon Bertrand (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 1910, p 154) a été un peu plus explicite : « Si j'ai conclu à l'existence de ce charriage, c'est *d'abord* que *sur les deux bords de ce chainon*, il existe des points où la superposition de la série secondaire inférieure plissée sur le Crétacé supérieur ou le Nummulitique est indiscutable et *en second lieu* parce que l'allure géométrique de la ligne de contact anormal qui marque la séparation des deux séries indépendantes est exactement celle de l'intersection de la surface topographique par une surface évidemment ondulée, mais sensiblement horizontale dans son ensemble ». Les explications que je donne ci-dessus montreront ce qu'il faut penser de ces deux propositions.

2. Voir notamment : LEYMERIE, *B S.G.F.*, (2), t. XX, pl. V ; MUSSY, Carte géologique et minéralurgique du département de l'Ariège, pl 6; HÉBERT, *B. S. G. F.*, (2), t. XXIV, p. 356 et 361 ; (3), t. X, p. 549; DE LACVIVIER, *B. S. G. F.*, (3), t. VII, p. 594, et Études géologiques sur le département de l'Ariège, fig. 3, p. 88 ; 4, p. 99 ; 5, p. 101 ; 18 et 19, p. 143; ROUSSEL, *Bull. Carte géol. France*, t. V, pl. I.

3. Pradières est pourtant une des localités typiques de l'Albien des Pyrénées.

4. *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. IV, pl. XXI.

Les failles de ce versant sont aussi verticales ; je l'ai constaté entre Pradières et Lherm aussi bien que du côté de Baulou. A Serdy, auprès de ce dernier village, les travaux du chemin de fer ont montré l'existence d'une faille *strictement verticale* entre le Trias vertical lui-même et le lambeau si curieux de calcaire éocène, incliné 80° N. E.

Voilà pour le côté septentrional de la montagne de Foix.

Sur le flanc méridional, il y a, comme je l'ai indiqué depuis longtemps, un léger chevauchement vers le Sud-Ouest entre Leichert et Foix ; le Trias et le Jurassique de la montagne sont en contact anormal avec le Crétacé supérieur de la plaine de Leichert, mais ce contact se fait suivant un plan peu éloigné de la verticale, comme on le voit au Pic de l'Aspre. Pourtant c'est probablement ce léger chevauchement au Sud-Ouest qui a motivé l'interprétation de M. Léon Bertrand, malgré tous les faits contraires : car c'est la seule partie où il y ait pénétration — bien faible ! — du Crétacé supérieur sous le Secondaire inférieur.

Nous savons en effet qu'il ne *peut exister*, d'après la théorie de notre confrère, *aucun chevauchement au Sud*, si léger qu'il soit. Aussi faut-il forcément que le Pech de Foix soit charrié ainsi que le Pech Saint-Sauveur qui ne peut en être séparé. Peu importe que pour arriver à ce résultat, on soit amené à figurer comme horizontaux des contacts verticaux.

A l'Ouest de l'Ariège, le massif granitique s'est avancé jusqu'à la base du Pech Saint-Sauveur et la poussée de ce massif a fait disparaître par étirement une partie des couches du flanc méridional du Pech ; mais celles qui ont résisté sont toutes en succession normale, malgré l'absence de quelques termes et *toutes* presque verticales avec le plus souvent un *léger pendage au Sud*, par conséquent en sens inverse de ce qui serait nécessaire pour qu'un charriage pût être accepté comme possible.

En résumé, JE CONCLUS QUE LES PECHS DE FOIX ET DE SAINT-SAUVEUR SONT INCONTESTABLEMENT UN ANTICLINAL ENRACINÉ et que l'idée que ces montagnes sont formées de deux nappes de charriage se heurte à des impossibilités absolues qui la rendent insoutenable.

Avant de quitter ce petit massif montagneux, je suis amené à indiquer une légère modification au tracé des failles de la planche XXIV de la *Géologie des Pyrénées françaises*. J'ai sur cette carte réuni hypothétiquement à travers les alluvions de l'Ariège la faille qui limite au Sud le massif jurassique du Pech de Foix (faille de Foix) avec celle qui sépare, sur la rive gauche de l'Ariège, le granite du Secondaire.

Je crois maintenant que ces deux failles sont distinctes et que la première ne passe pas à l'Ouest de l'Ariège. En effet à Saint-Sirac, sa lèvre méridionale est formée par le Sénonien, et sa lèvre septentrionale par le Trias ; mais en avançant vers l'Ouest, la première admet des terrains plus anciens jusqu'au Cénomanien, la seconde des terrains plus récents jusqu'au Gault du Rocher de Foix : à partir de là, il n'y a plus de faille, la série est régulière et complète, sauf les quelques étirements que j'ai signalés ci-dessus.

Les conclusions générales à tirer de cette étude des feuilles de Foix et Pamiers sont les suivantes :

La nappe C est totalement inexistante : les massifs de Saint-Barthélemy et de l'Arize sont enracinés.

La nappe B est aussi à rejeter en tant que grande nappe continue : quelques-unes de ses parties seulement doivent être admises à la traversée du bassin de Tarascon.

La nappe A ne peut non plus être acceptée comme venant d'une certaine distance : elle ne chevauche pas sur celle qui la suit au Nord et la faille qui la limite est verticale.

Enfin la nappe Z existe réellement, mais à l'état embryonnaire pourrait-on dire. Le chevauchement est si réduit que la dénomination de nappe de charriage est impropre pour un accident si peu développé. Elle ne pénètre pas sous les autres nappes et ne reparaît pas dans les « fenêtres » de Rabat et d'Oust-Massat.

VII. — Feuilles de Bagnères-de-Luchon et Saint-Gaudens

Région de Betchat et Salies-du-Salat. — Je maintiens formellement ce que j'ai dit à plusieurs reprises sur cette région. Contrairement à l'idée de M. Léon Bertrand, non seulement il n'existe aucun point où la superposition du Trias au Crétacé supérieur et à l'Eocène soit visible, mais *j'affirme avoir constaté la superposition effective, réelle, du Crétacé sur le Trias ;* cela n'est pas la suite de déductions plus ou moins hasardées, mais le résultat d'observations directes [1].

Fenêtre d'Arbas. — Pour le reste de la surface des feuilles de Bagnères-de-Luchon et de Saint-Gaudens, ainsi que pour celle de Tarbes, M. Léon Bertrand s'est borné à des considérations générales non accompagnées de coupes. Aussi, tout en rejetant absolument les conclusions qu'il a émises, je ne dirais rien de cette région, si, dans une publication postérieure [2], M. Léon Bertrand n'avait décrit la « fenêtre d'Arbas ».

Les environs de ce village montrent un certain développement des calcaires et marnes du Crétacé supérieur (Cénomanien) et autour de cet affleurement, les terrains les plus divers depuis le gneiss jusqu'à l'Albien.

M. Léon Bertrand pense que le Crétacé supérieur s'enfonce sous la série secondaire de la nappe B avec une complète indépendance de direction et d'allure. Parfois, dit-il, (au Nord-Est et au Sud d'Arbas), la série B est incomplète à la base, les dolomies jurassiques reposant directement sur le Cénomanien ; à l'Ouest d'Arbas, le Crétacé supérieur s'enfonce directement sous les schistes gneissiques.

Je suis d'accord avec M. Léon Bertrand sur ce fait que le Cénomanien est absolument indépendant, comme allure et direction, des couches jurassiques et

1. Voir notamment *La Géologie des Pyrénées françaises*, t. III, p. 1819 et pl. XVII.

2. Sur l'existence d'une nouvelle fenêtre de terrains prépyrénéens au milieu de nappes nord-pyrénéennes aux environs d'Arbas. *CR. Ac. Sc.*, t. CXLVII, p. 717. 1908.

crétacées inférieures qu'il classe dans sa nappe B, mais je ne puis en aucune façon admettre que le Cénomanien s'enfonce *au-dessous* des autres assises, primaires, jurassiques ou crétacées inférieures.

Le Cénomanien repose *indiscutablement, en discordance,* sur tous ces terrains ; c'est la discordance qui a pu faire croire le contraire. Mais la superposition se voit avec la dernière évidence en un grand nombre de points ; je citerai les suivants :

1° *La route d'Arbas à Herran,* où la dolomie jurassique bréchoïde est recouverte par les marnes schisteuses et les calcaires gris foncé du Cénomanien. Celui-ci se présente en bancs bien lités sauf aux abords immédiats de la dolomie, dont la surface, très irrégulière, est *moulée* par les marnes schisteuses. Ces dernières sont incontestablement au-dessus de la dolomie qu'elles recouvrent en discordance : on trouve même des morceaux séparés de la brèche dolomitique entourés par les marnes à la manière d'une oolithe.

Un peu plus loin, le contact du Cénomanien et du calcaire du Lias se présente dans les mêmes conditions.

2° A l'Ouest-Nord-Ouest du *col de la Passe,* on voit aussi très nettement le Cénomanien en discordance sur la dolomie. C'est pourtant un peu moins probant que sur la route parce qu'il n'y a pas de tranchée.

3° *A Lafargue,* le calcaire liasique indubitable pointe au milieu des marnes schisteuses du Cénomanien ; il est avec la plus absolue netteté, recouvert par ce dernier en couches parallèles à la surface du bloc calcaire.

Le Cénomanien d'Arbas repose donc sur le Jurassique et le Crétacé inférieur et il ne peut être question de le considérer comme le représentant d'une nappe inférieure, apparaissant dans une « fenêtre » de la nappe B.

Les calcaires secondaires de la région d'Arbas peuvent encore servir à démontrer que le métamorphisme n'est pas spécial à une zone ou à une nappe, mais qu'il est dû à l'action des roches éruptives. Tandis qu'auprès de Portet d'Aspet où se montrent de grands affleurements de lherzolite, le calcaire est marmorisé, rempli de mica et autres minéraux, dès qu'on s'éloigne du centre éruptif, le calcaire reprend peu à peu ses caractères normaux et cela, que l'on s'avance dans le sens de la direction des couches ou normalement à elle.

VIII. — **Provenance des prétendues nappes charriées**

Il me reste à traiter une question que j'ai laissée de côté soit dans mes observations sur la feuille de Quillan, soit dans celles que je viens de présenter au sujet des feuilles de Foix et de Bagnères-de-Luchon : c'est celle de la provenance possible des nappes charriées de M. Léon Bertrand.

Notre savant confrère s'est borné à donner à cet égard des indications très

vagues, disant seulement à plusieurs reprises que les nappes charriées doivent venir d'une petite distance [1].

Un premier point hors de doute, c'est que ces nappes ne pourraient pas provenir du versant méridional de la chaîne. On sait, en effet (pl. II et III), que les affleurements jurassiques et crétacés inférieurs sur ce versant n'existent qu'entre les vallées de l'Esera et du Llobregat d'une part, auprès de Figueras de l'autre ; partout ailleurs, le Crétacé supérieur repose directement par transgression sur le Trias ou le Primaire. Le Secondaire du versant espagnol a d'ailleurs un faciès tout différent de celui du versant septentrional. A l'Est, il est impossible même de chercher l'origine des nappes plus loin que le Canigou, puisque le petit lambeau de terrains secondaires conservé à Amélie-les-Bains nous montre que le Jurassique et le Crétacé inférieur ne se sont jamais déposés dans cette région, le Crétacé supérieur reposant directement sur le Trias ou au moins sur le Lias inférieur.

C'est donc dans l'espace compris entre Sournia et le Canigou, c'est-à-dire sur une longueur de vingt kilomètres dans le sens du méridien, qu'il faudrait trouver le pays d'origine des quatre nappes de la feuille de Quillan. Or ces quatre nappes placées côte à côte atteindraient des dimensions bien plus considérables malgré la diminution importante de largeur qu'elles ont subies, soit du fait des plissements, soit par l'action de l'érosion. Ce qui est encore plus grave, c'est que l'on fait venir ces nappes, composées en grande partie de terrains secondaires, d'une région où ces terrains n'existent pas actuellement ; on n'en trouve pas même le plus petit vestige, pas un témoin, si minime soit-il. C'est, pour moi, dépasser les limites permises de l'hypothèse que de supposer l'existence ancienne d'une couverture de Secondaire inférieur sur la zone primaire centrale dans de pareilles conditions.

Mon opposition est d'autant plus justifiée que nous avons la preuve qu'à l'Ouest du Gave de Pau, le Crétacé supérieur s'est déposé directement sur le Primaire de la zone centrale, sans intercalation de Crétacé inférieur ni de Jurassique. Il en résulte forcément que dans cette partie de la chaîne, aucune nappe de charriage contenant du Crétacé inférieur ou du Jurassique ne peut être venue de la zone primaire centrale, pas plus que du versant méridional.

Dira-t-on que cette partie occidentale de la chaîne n'a pas été soumise au même régime que le reste des Pyrénées ? Ce serait évidemment insoutenable. Si

1. J'avais dit, dans l'une des séances de la Société géologique où j'ai exposé mes idées sur la structure pyrénéenne, que M. Léon Bertrand n'avait fait qu'effleurer la question de l'origine de ses nappes charriées pyrénéennes ; ce dernier a protesté et déclaré qu'il l'avait au contraire largement traitée.

J'ai relu depuis, d'un bout à l'autre, son principal ouvrage, et je n'y ai trouvé que les trois paragraphes suivants traitant de la provenance des nappes.

(Page 9). « Nous verrons plus loin que cette région primaire [entre St-Girons et Foix] n'est pas en place et que sa situation originelle devait être notablement plus au Sud vers la partie médiane de la zone primaire centrale. »

(Page 26). « Celles-ci [les nappes du bord septentrional de la zone primaire centrale]... doivent provenir de la partie septentrionale de la zone primaire centrale. »

(Page 82). « Dans la région du massif de l'Agly, le front secondaire de la nappe B a dû se détacher du point extrême vers le Sud où se trouve actuellement le Secondaire de la nappe A. La translation a donc dû être de peu d'étendue et peut-être encore moindre pour les couches primaires. »

les nappes se montrent depuis la Méditerranée jusqu'à la vallée du Gave de Pau, c'est-à-dire sur une longueur de 250 kilomètres, avec la régularité que leur attribue M. Léon Bertrand, elles doivent incontestablement se continuer au delà vers l'Ouest J'ai d'ailleurs montré (ci-dessus, p. 64 et suiv.) que les mêmes phénomènes de chevauchement au Sud, considérés comme l'indice certain des charriages vers le Nord dans la région orientale, existent aussi, bien développés, sur la feuille de Mauléon : et là pourtant ces chevauchements ne peuvent pas être expliqués par un charriage vers le Nord, puisqu'il est impossible de trouver une origine quelconque à ces nappes qui seraient essentiellement composées de couches du Secondaire inférieur. Je rappelle en effet que le Cénomanien repose directement sur le Primaire des feuilles de Mauléon et d'Urdos, montrant ainsi que le Jurassique et le Crétacé inférieur ne s'y sont jamais déposés.

IX. — Résumé

Après les longues explications que j'ai données, un résumé est presque inutile : je repousse les ingénieuses théories de M. Léon Bertrand pour les raisons suivantes :

1. Les coupes de cet auteur sont uniquement théoriques et représentent toutes des faits inexacts et des inclinaisons inexistantes.

2. La division du Secondaire pyrénéen en cinq séries distinctes par leur faciès et leur composition est absolument controuvée ; or, c'est la base même du système de M. Léon Bertrand.

3. La superposition des prétendues nappes successives sur les précédentes n'est visible en aucun point ; bien au contraire, la plupart des massifs primaires indiqués comme charriés sont entourés d'une auréole régulière de terrains secondaires.

4. Ces mêmes massifs se terminent du côté qui serait leur bord frontal par des lignes droites ou à grande courbure, mais nullement sinueuses.

5. Il est absolument invraisemblable que les charriages successifs se soient arrêtés tous presque au même point, pour rassembler les affleurements du Secondaire inférieur dans les étroites limites où ils se montrent aujourd'hui (voir pl. II et III).

6. Il est non moins invraisemblable que les mouvements de translation des nappes aient été assez doux et assez réguliers pour transporter sans les briser des bandes aussi étroites et aussi fragiles que la zone calcaire qui s'étend d'une façon à peu près continue de Sarrancolin à Sournia par exemple.

7. Il est impossible d'indiquer la provenance de ces nappes ; les terrains dont elles seraient composées n'existent en effet nulle part au Sud des affleurements actuels, et sur une grande étendue, il est facile de démontrer qu'ils n'y ont jamais existé.

Je m'en tiens en conséquence à la manière de voir exposée dans la première partie, et je repousse catégoriquement les quatre nappes superposées de M. Léon Bertrand.

Je ne me dissimule pas qu'un certain nombre de mes confrères n'adopteront pas dès maintenant toutes mes idées ; je n'ai pas, en effet, le « souci d'une coordination tectonique » [1], mais seulement celui de ne pas torturer les faits pour les mettre d'accord avec des théories, résultats de la généralisation d'observations trop peu nombreuses. Un jour viendra où l'on abandonnera les idées trop absolues en vogue en ce moment : on s'occupera un peu plus des faits et un peu moins des théories, et l'on reconnaîtra qu'il a été fait abus des charriages. Quel sera le laps de temps nécessaire pour cette évolution ? Je n'en sais rien et il est fort possible que je ne la voie pas s'accomplir, mais nos jeunes confrères la verront sûrement et peut-être alors se souviendront-ils de l'opinion que j'ai exposée devant la Société géologique au mois de juin 1910.

1. *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 1910, p. 116.

ERRATUM

Page 46, ligne 37 : *au lieu de XXXVII bis*, *lire* : *XXXVIII bis.*

LISTE DES PLANCHES

—

I. Essai d'une carte tectonique des Pyrénées, à 1/500 000.

II. Carte des mers liasique et oxfordienne dans la région pyrénéenne, à 1/500 000.

III. Carte des mers aptienne et albienne dans la région pyrénéenne, à 1/500 000.

IV. Carte de la mer cénomanienne dans la région pyrénéenne, à 1/500 000.

V. Carte des mers sénonienne et danienne dans la région pyrénéenne, à 1/500 000.

VI. Carte des mers lutétienne et ludienne-sannoisienne dans la région pyrénéenne, à 1/500 000.

VII. Coupes dans la partie méridionale de la feuille de Quillan.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 5

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — **Terrains sédimentaires** 6

I. *Groupe primaire* 6
II. *Groupe secondaire* 12
1. Système triasique 12
2. Système jurassique 13
3. Système crétacé. — Série inférieure 16
4. Système crétacé. — Série supérieure 18
III. *Groupe tertiaire* (Système éocène) 26
IV. *Groupe quaternaire* 33

CHAPITRE II. — **Roches éruptives** 34

CHAPITRE III. — **Structure** 36

I. *Zones orographiques et géologiques* 36
II. *Axe de la chaîne* 39
III. *Plis* 40
IV. *Direction de la chaîne et des plis* 59
V. *Failles* 62
VI. *Charriages, chevauchements et renversements* 64
VII. *Age des mouvements orogéniques* 79
VIII. *Transgressions et discordances* 80
IX. *Etendue des mers* 81

CHAPITRE IV. — **Histoire géologique de la chaîne** 86

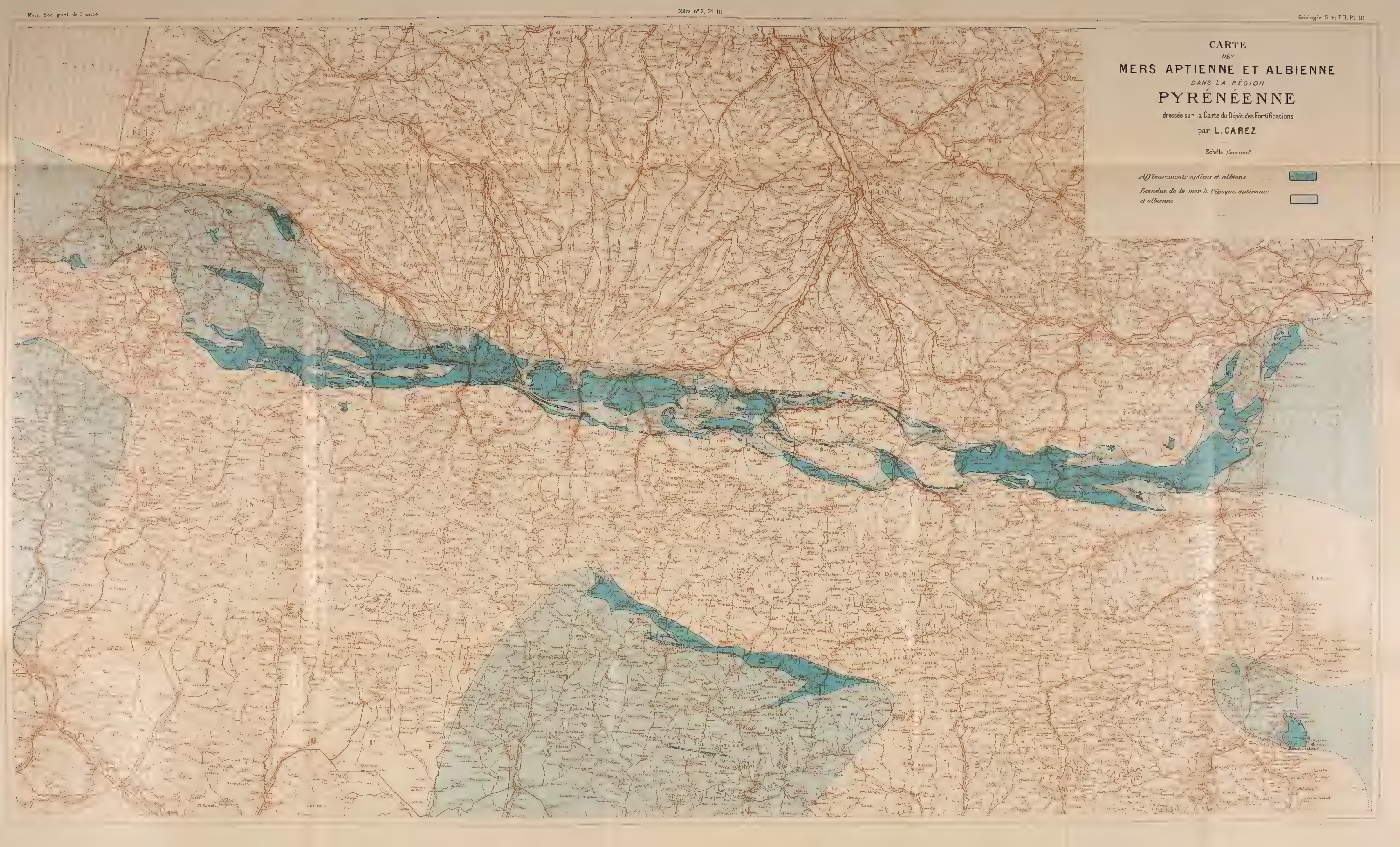
DEUXIÈME PARTIE

I. *Généralités* 91
II. *Théorie tectonique de M. Léon Bertrand* 92
III. *Division du Secondaire pyrénéen en cinq séries distinctes* 94
IV. *Inclinaison des assises sédimentaires sur le versant nord des Pyrénées* . 96
V. *Feuille de Quillan.* 1. Partie orientale 96
2. Partie occidentale 104
VI. *Feuilles de Foix et Pamiers* 111
VII. *Feuilles de Bagnères-de-Luchon et de Saint-Gaudens* 125
VIII. *Provenance des prétendues nappes charriées* 126
IX. *Résumé* 128
Liste des planches 130

Lille. — Imp. Le Bigot Frères, rue Nicolas-Leblanc, 25.


ESSAI
D'UNE
CARTE TECTONIQUE
DES
PYRÉNÉES
dressé sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle: 1/500 000e
Anticlinaux des terrains primaires.
Anticlinaux des terrains secondaires et tertiaires.
Synclinaux des terrains primaires.
Synclinaux des terrains secondaires et tertiaires.
Lignes de failles, (avec ou sans chevauchement).
Chevauchements et charriages { vers le Nord. / vers le Sud.
Renversements { au Nord. / au Sud.
Les raccordements hypothétiques des failles ou des plis sont marqués par des pointillés fins.
TOULOUSE


CARTE
DES
MERS LIASIQUE ET OXFORDIENNE
DANS LA RÉGION
PYRÉNÉENNE
dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle: 1/500 000e
Affleurements du Lias
Etendue de la mer du Lias
Affleurements de l'Oxfordien
Etendue de la mer de l'Oxfordien
TOULOUSE


CARTE
DES
MERS APTIENNE ET ALBIENNE
DANS LA RÉGION
PYRÉNÉENNE
dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle: 1/500.000e
Affleurements aptiens et albiens
Etendue de la mer à l'époque aptienne et albienne
TOULOUSE
ANDORRE


CARTE
DE LA
MER CÉNOMANIENNE
DANS LA RÉGION
PYRÉNÉENNE
dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle 1/500 000e
Affleurements cénomaniens
Etendue de la mer cénomanienne
TOULOUSE


CARTE
DES
MERS SÉNONIENNE ET DANIENNE
DANS LA RÉGION
PYRÉNÉENNE
dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle: 1/500.000e
Affleurements sénoniens
Etendue de la mer sénonienne
Affleurements daniens marins
Affleurements daniens lacustres
Etendue de la mer danienne
TOULOUSE
ANDORRE


CARTE
DES
MERS LUTÉTIENNE ET LUDIENNE-SANNOISIENNE
DANS LA RÉGION
PYRÉNÉENNE
dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications
par L. CAREZ
Echelle: 1/500.000e
Affleurements lutétiens
Etendue de la mer lutétienne
Affleurements ludiens-sannoisiens
Etendue de la mer ludienne-sannoisienne
TOULOUSE
ANDORRE

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII

Figure 1. — Partie de la coupe 1 de la planche III de M. Léon Bertrand, agrandie à 1/40000.

Figure 2. — Coupe du même point et à la même échelle, par M. Léon Carez, avec figuré du terrain rectifié.

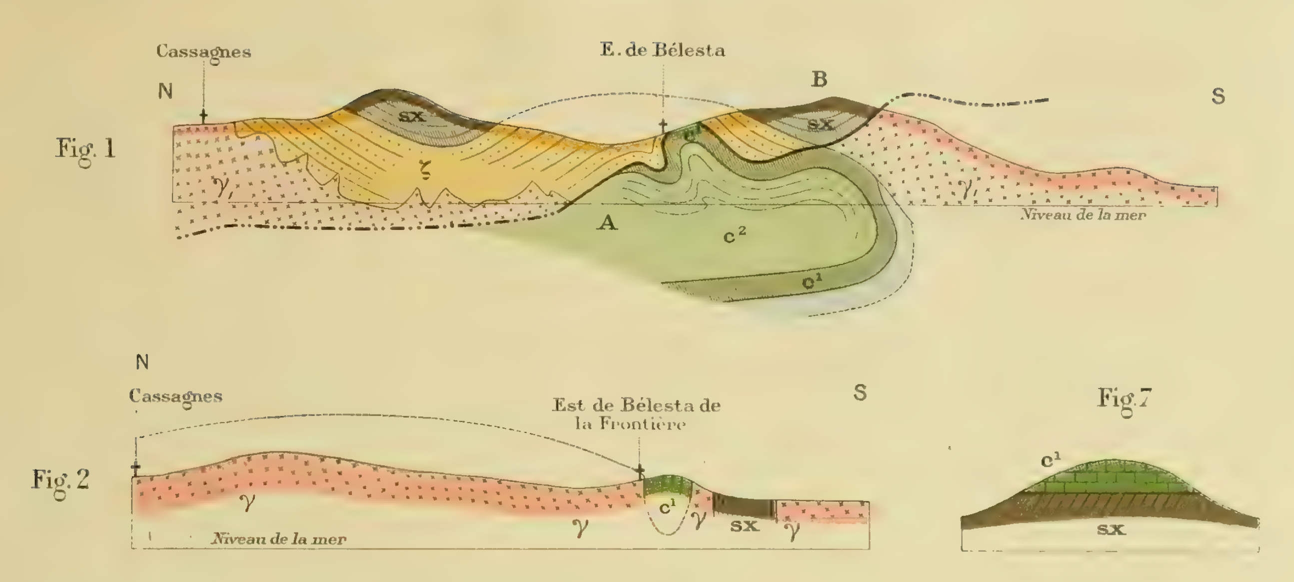
Figure 3. — Partie de la coupe 2 de la planche III de M. Léon Bertrand, agrandie à 1/40000.

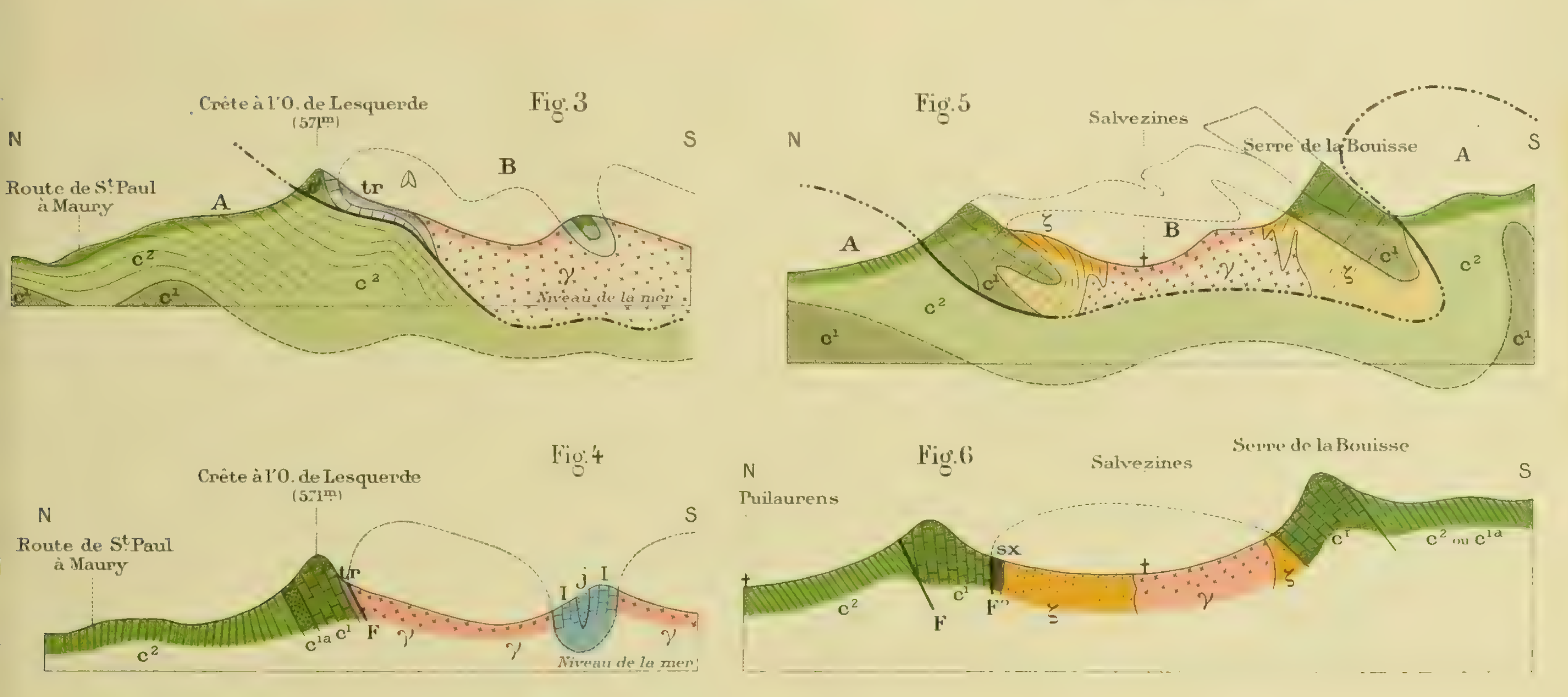
Figure 4. — Coupe du même point et à la même échelle, par M. Léon Carez, avec figuré du terrain rectifié.

Figure 5. — Partie de la coupe 5 de la planche III de M. Léon Bertrand, agrandie à 1/40000.

Figure 6. — Coupe du même point et à la même échelle, par M. Léon Carez, avec figuré du terrain rectifié.

Figure 7. — Vue de l'extrémité orientale du massif secondaire de Sournia, montrant la superposition du calcaire aptien (ou liasique) sur les schistes primaires.





Légende

	Fig. 1, 3, 5 (M. Léon Bertrand)	Fig. 2, 4, 6, 7.
c^2	*Schistes albiens et aptiens supérieurs*	*Calcschistes albiens.*
c^{1a}	....	*Calcschistes aptiens supérieurs.*
c^1	*Calcaires urgo-aptiens.*	*Calcaires aptiens.*
	Jurassique et Lias.	
j	....	*Dolomie du Jurassique moyen.*
I	....	*Lias et Infralias.*
tr	*Trias gypseux*	*Trias*
sx	*Schistes satinés et séricileux.*	*Schistes primaires.*
ζ	*Micaschistes et gneiss.*	*Gneiss.*
γ γ_1	*Granite.*	*Granite (et gneiss).*

A B — *Limite des nappes de M.* Léon Bertrand.

Nota _ *Les parties figurées en couleurs pleines sont seules observables sur le terrain; celles en couleurs atténuées ne sont que le résultat de l'interprétation de l'auteur. Cette séparation n'existe pas sur les coupes originales de M.* Léon Bertrand.

Gravé chez L. Wuhrer